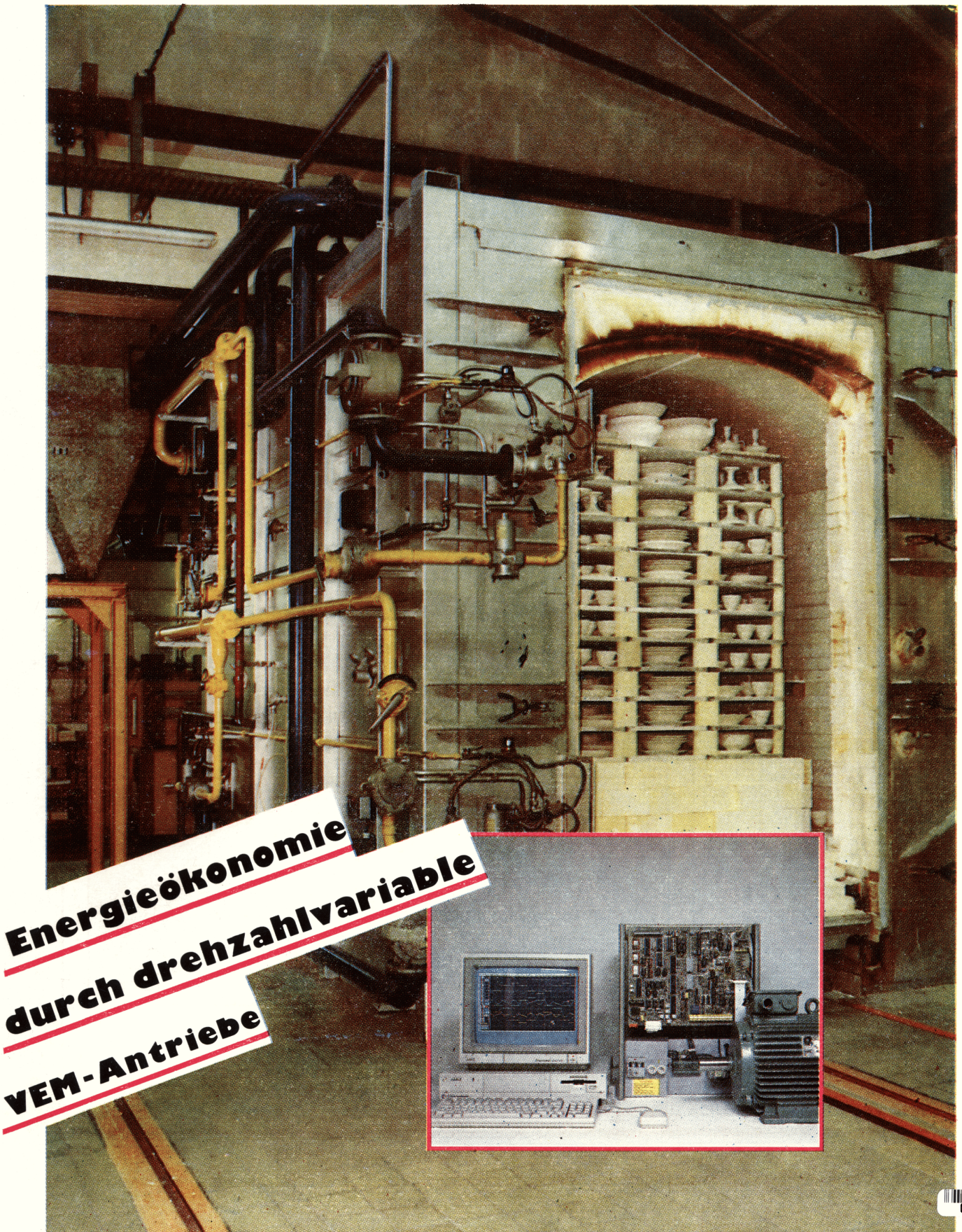
ELEKTRIE

2|90

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN · Postverlagsort für DDR Leipzig · EVP 2,50 Mark · ISSN 0013—5399



Energieökonomie durch drehzahlvariable VEM-Antriebe

0120232

Wenn es heiß hergeht

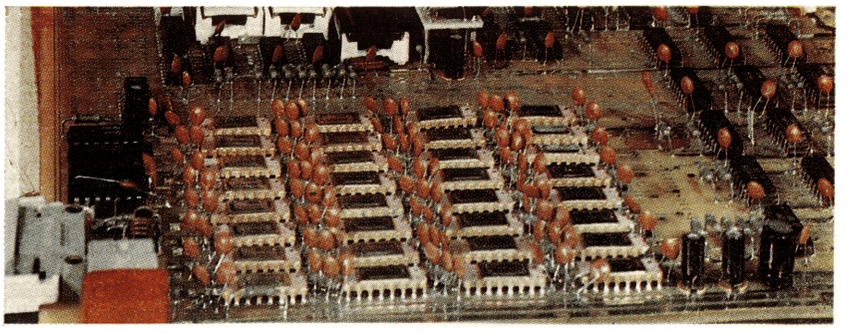
Dann sorgt FR 2 VO für Sicherheit in Leiterplatten. Schwer-entflammbar und selbst-verlöschend – von Underwriters Laboratories Inc. (USA) bestätigt – bleiben auch komplizierteste Schaltungen bei Höchst-beanspruchung brandgeschützt und funktionsfest.

FR 2 VO – ideales Basismaterial also für Unterhaltungs-elektronik, kommerzielle Mikroelektronik und Computer-technik, das auch optimal auf die moderne automatische Bestückungs-technik eingestellt ist.

Internationale Anwender kupfer-kaschierter Hartpapiere bestätigen den LEW-Erzeugnissen die Eignung für das rasante Entwicklungs-tempo der Elektronik.

Hersteller
Kombinat VEB LEW
„Hans Beimler"
Hennigsdorf
DDR-1422

Exporteur
Elektrotechnik
Export-Import
Alexanderplatz 6
Berlin
DDR-1026



2|90 ELEKTRIE

44. Jahrgang

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift der Elektrotechnik

ISSN 0013-5399

Organ des Fachverbands Elektrotechnik der Kammer der Technik

Die Zeitschrift erhielt die Goldene Ehrenplakette der KDT

Redaktionsbeirat

Vorsitzender:

Prof. Dr. sc. techn. J. Vogel

Mitglieder:

Prof. Dr. sc. techn. S. Altmann · Prof. Dr. sc. techn. H. Böhme · Prof. Dr. sc. techn. Dr. h. c. P.-K. Budig · Dr. sc. techn. G. Burkhard · Dr.-Ing. D. Flügge · Obering. K. Friedel · Prof. Dr. sc. techn. J. Hoffmann · Dipl.-Ing. H. Kabisch · Prof. Dr.-Ing. habil., Dr.-Ing. e. h. R. Lappe · Dr. rer. nat. K. Möbius · Prof. Dr. sc. techn. E. Muschick · Prof. Dr. sc. techn. V. Pfeiler · Prof. Dr.-Ing. e. h. K. Pommer · Prof. Dr.-Ing. habil. R. Schönfeld · Obering. Dipl.-Ing. N. Wass · Prof. Dr.-Ing. habil. G. Wunsch

Korrespondenten:

Dr.-Ing. K. Hannella, Ilmenau · Dr.-Ing. W. Jordan, Dresden

Titelbild

In der Staatlichen Porzellanmanufaktur Meißen wird die optimale Temperatur- und Luftführung der Trockenöfen durch Einsatz von drehzahlvariablen VEM-Drehstromantrieben realisiert. Der Personalcomputer ist hierfür ein wichtiges Hilfsmittel.

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Träger des Ordens Banner der Arbeit

Inhalt

Seite

Aktuelle Information 42

Reiche, H.

Energieökonomie und elektrischer Antrieb 43

Fachaufsätze

Maier, P.; Melzer, F.

Umrichtergespeister Drehstromantrieb beim Porzellanbrand 44

Morgenstern, G.

100 Jahre Freileitungsisolatoren-Entwicklung im Kombinat VEB Keramische Werke Hermsdorf 46

Berndt, H.; Bär, G.

Die Elektronenstrahlmikroanalyse (ESMA) bei Durchriebprüfungen an funktionellen Edelmetallschichten 52

Herold, G.

Berechnung der stationären Strom-Spannungs-Verhältnisse in Drehstromlagen mit Induktions-Tiegelöfen 55

Beckert, U.; Neuber, W.

Neues Meßverfahren für den Schlupf von Asynchronmotoren 58

Schade, M.

Eine neue Methode zur berührungslosen Durchmesserbestimmung dünner Drähte 60

Umschau

Erzeugnisse der Elektroindustrie der DDR auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1990 62

Fachtagungen 73

Kurzberichte 74

Bücher 78

AKTUELLE INFORMATION

Fachvorträge zu Anwenderlösungen und Erzeugnissen der RFT-Nachrichtenelektronik

Zeit: 16. März 1990
von 9.30 Uhr bis 12.15 Uhr
Ort: Leipzig
Messegelände, Halle 7.11
(Nordflügel), Raum 5

Themen

— Integrierte Sprach- und Datenkommunikation im Nebenstellenbereich als komplexe Lösung des VEB Kombinat Nachrichtentechnik und der Firma Telindus
Referent: Dr. *L. George*
— Automatisierte RFT-Meßplätze mit integrierter Mikrorechentechnik für rationelles Messen und Prüfen
Referent: Dipl.-Ing. *D. Ruidiger*
— Konzept einer digitalen Dispatcher-Fernsprechzentrale
Referenten: Dipl.-Ing. *H. Deitert* und Dipl.-Ing. *St. Müller*

Weitere Informationen zum Ausstellungs- und Vortragsprogramm erhalten Sie bei der Pressestelle oder bei der Abteilung Werbung und Öffentlichkeitsarbeit des VEB Kombinat Nachrichtenelektronik.

Pressestelle
VEB Kombinat Nachrichtenelektronik
Wendenschloßstraße 142—174
Berlin
1170
Telefon: 653 3622
Telex: 112 366

Werbung und Öffentlichkeitsarbeit
des VEB Nachrichtenelektronik
Betriebsteil Leipzig
Hainstraße 17—19
PSF 321
Leipzig
7010
Telefon: 8612 819
Telex: 512 204

Die Redaktion EK 4116

Galvanotechnik 1990

10. Internationale Fachtagung

Zeit: 9. bis 11. Mai 1990
Ort: Karl-Marx-Stadt (Stadthalle)
Veranstalter: Fachausschuß Galvanotechnik des Fachverbandes Elektrotechnik und der Bezirksverbandes Karl-Marx-Stadt in Zusammenarbeit mit dem Kombinat VEB Lokomotivbau-Elektrotechnische Werke „Hans Beimler"

Die Fachtagung orientiert auf Verbreitung neuer Erkenntnisse entsprechend dem fortschreitenden wissenschaftlich-technischen Stand der Galvanotechnik im internationalen Maßstab.
Unter Beachtung der ökonomischen Strategie zur Rationalisierung der Produktionsprozesse und zum Energie- und Wertstoffrecycling werden die progressiven Entwicklungsrichtungen zur Nutzung sichtbar gemacht.

Inhaltliche Schwerpunkte

— Komplexe Prozesse in der Galvanotechnik
  • Beschichtungsverfahren
  • Stoffkreisläufe
  • Wertstoffrecycling
  • Rechnergestützte Prozeßplanung und -realisierung
— Galvanische Verfahren für die Mikroelektronik

Eine umfassende Posterreihe untersetzt die Fachtagung zu speziellen neuen galvanischen Prozessen.

Anfragen

Kammer der Technik
Bezirksverband Karl-Marx-Stadt
— Tagungsorganisation —
Annaberger Str. 24
Karl-Marx-Stadt
9001
Telefon: 62141

Die Redaktion EK 4113

Im Rahmen der Wissenschaftlichen Tage 1990 der Technischen Universität „Otto von Guericke" Magdeburg finden folgende Veranstaltungen statt:

VI. Symposium „Zuverlässigkeit"
vom 3. bis 5. September

4. Fachtagung „Gestaltung von Fertigungsprozessen im Maschinenbau"
am 5. und 6. September

8. Vortragstagung „Fertigung und Gütesicherung im Zahnradgetriebebau"
am 12. und 13. September

Anfragen

Technische Universität „Otto von Guericke" Magdeburg
Tagungsbüro
Postschließfach 124
Magdeburg
3010

Die Redaktion EK 4073

Rechnernetze

Anwendersymposium für potentielle Nutzer

Zeit: 6. und 7. März 1990

Ort: Dresden
Rathaus der Stadt Dresden,
Festsaal

Veranstalter: Kammer der Technik, Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik gemeinsam mit dem VEB Robotron-Vertrieb Berlin

Inhaltliche Schwerpunkte:

— Gateways (ohne ESER-Lokale Rechnernetze)
— ESER-Lokale Rechnernetze
— ESER-Lokale Rechnernetze/Anwendungen
— Bürodienste ROLANET 1
— Datennetz der Deutschen Post/WAN
— Einsatz von Lichtwellenleitern bei ROLANET

Anfragen

Kammer der Technik
Präsidium — WGMA
PSF 1315
Berlin
1086

Die Redaktion EK 4125

Industrielle Automatisierung — Automatisierte Antriebe

11. Internationale Fachtagung

Zeit: 12. bis 14. Februar 1991
Ort: Karl-Marx-Stadt
Veranstalter: TU Karl-Marx-Stadt, Sektion Automatisierungstechnik

Im Februar 1991 wird mit der 11. Internationalen Fachtagung „Industrielle Automatisierung — Automatisierte Antriebe" die traditionelle Veranstaltungsreihe der Sektion Automatisierungstechnik der TU Karl-Marx-Stadt weitergeführt. Die Tagung steht unter der Schirmherrschaft des Ministers für Wissenschaft und Technik, Herrn Prof. Dr. sc. techn. Dr. h. c. *P.-K. Budig.*

Inhaltliche Schwerpunkte

— Geregelte Antriebe
— Mehrmotorenantriebe
— Hochtourige Antriebe
— Elektrische Maschinen für automatisierte Antriebe
— Bauelemente der Leistungs- und Informationselektronik
— Stromrichtertechnik
— Rechnergestützter Entwurf und Simulation von Antrieben
— Informationsverarbeitung
— Elektromagnetische Verträglichkeit
— Elektronische Schalt- und Schutztechnik
— Zuverlässigkeit elektrischer Antriebe
— Diagnose-, Prüf- und Inbetriebnahmetechnik
— Neue Werkstoffe für elektrische Maschinen
— Fachspezifische Ausstellung zu
  • Antrieben
  • Stromrichtern
  • Bauelementen der Leistungs- und Informationselektronik
  • Meß- und Sensortechnik
  • Entwurfs- und Simulationssoftware für Antriebe
  • Diagnose- und Schutzsystemen für Antriebe

Vorträge können bis zum 28. 2. 1990 mit einer Kurzfassung von maximal 30 Zeilen beim Tagungsbüro angemeldet werden.

Anfragen

richten Sie bitte an:

Technische Universität Karl-Marx-Stadt
Sektion Automatisierungstechnik
11. Internationale Fachtagung
Dr. rer. nat. *W. Gläser*
PSF 964
Karl-Marx-Stadt
9010
Tel. 561 3341

Die Redaktion EK 4111

Energieökonomie und elektrischer Antrieb

Die Forderung nach hoher Energieökonomie, insbesondere auch nach sparsamem Umgang mit der unter belastenden Umständen erzeugten Elektroenergie, ist weltweit. Die nicht ganz vermeidbare Verschmutzung der Umwelt bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe und die nicht ungefährliche Nutzung der Kernenergie sind, abgesehen vom aufzubringenden Arbeitsvermögen, die zwingenden Gründe. Die Nutzung der elektrischen Energie für die Lösung von Antriebsproblemen hat sich als besonders elegant und effektiv erwiesen. So werden in modernen Industrieländern etwa 60% der erzeugten Elektroenergie für solche Aufgaben eingesetzt. Dafür gibt es keine Alternative. Dieser relative Anteil wird sich behaupten, wenn man bedenkt, daß einerseits die Umwandlung von Elektroenergie in Wärme und Licht (bei zunehmendem Wirkungsgrad der Lichtquellen) relativ abnimmt, die Anwendung der Elektroenergie zur Gestaltung von Be- und Verarbeitungsverfahren im Rahmen der sogenannten Elektrotechnologie dagegen zunimmt.

Welche Beziehungen gibt es zwischen Energieökonomie und elektrischem Antrieb?

Da sind zunächst die Komponenten der Antriebstechnik zu betrachten: in erster Linie der Elektromotor, in zunehmendem Maße die elektronischen Stellglieder, Stromrichter und Umrichter. Bei Elektromotoren ist im Hinblick auf den energetischen Wirkungsgrad international ein hohes, vernünftiges Niveau erreicht. „Vernünftig" insofern, als eine klare Beziehung zwischen Energieökonomie und Materialökonomie besteht, die sich heute in der Relation „Ein Prozent Wirkungsgraderhöhung bedarf einer siebenprozentigen Erhöhung des Aufwands an aktiven Materialien, also an Dynamoband und an Leiterkupfer" äußert. Das gilt für gleichbleibende Werkstoffqualitäten. Gerade auf dem Gebiet der weichmagnetischen Werkstoffe sind Fortschritte denkbar und in der Forschung erprobt. Ihre Umsetzung ist aber angesichts des bereits erreichten Stands mit großen Anstrengungen beim Entwickler und Hersteller der Dynamobänder verbunden. Immerhin würde die Einführung sogenannter Dynamobänder mit Texturkomponenten [1] bei Niederspannungs-Asynchronmotoren eine Wirkungsgraderhöhung von etwa 1%, bei Hermetikmotoren von mindestens 2% bringen. Damit sind aber bereits die Perspektiven für die Verbesserung magnetischer Kennziffern des Elektromotors erschöpft, wenn man von der Verringerung der Kühlluftleistung im Sinne der Geräuschminderung einmal absieht.

Der zusätzliche Einsatz von elektronischen Stellgliedern ist zunächst einmal mit einer Wirkungsgradverschlechterung verbunden, die durch die Verluste in den Leistungshalbleiterelementen entsteht. Natürlich ergibt sich aber durch die Tatsache der möglichen Drehzahlstellung ein energieökonomischer Effekt, der zumeist mit der magischen Zahl 30% Energieeinsparung durch Einsatz von Umrichtern anstelle der Fördermitteldrosselung bei Pumpen beschrieben wird. Heute ist in diesem Punkt aber auch schon Ernüchterung eingetreten: Zwei international bedeutende Chemieunternehmen machen die gleichlautende Aussage, daß ihre nicht unbedeutenden Investitionen in die Umrichter für drehzahlvariable Antriebe in keinem Fall vollständig oder wesentlich durch energieökonomische Effekte begründbar waren. Wenn also in großer Anzahl moderne drehzahlvariable Antriebe dort eingesetzt wurden, dann geschieht es meist zur Optimierung bzw. Modernisierung des Komplexes Prozeßstufe oder Prozeßkette, wobei natürlich auch energieökonomische Effekte neben der Qualitätserhöhung der Prozeßparameter eintraten.

Auch ein weiterer Gedanke wird zeigen, daß die Energieökonomie nicht allein an den Wirkungsgraden der Antriebskomponenten gemessen werden kann.

Mit Erfolg setzen wir in der DDR die vom VEB Kombinat Elektromaschinenbau entwickelte Software VEM prodrive für die antriebsgerechte Auswahl der von diesem Kombinat produzierten Antriebskomponenten ein [2]. Es ist das Ziel, die zur Zeit noch anzutreffende schlechte Ausnutzung der wichtigsten Antriebsmotoren von nur 60% ihrer Nennleistung — ein international üblicher Wert — im Sinne der Materialökonomie um mindestens 10% anzuheben. Die Erfahrung zeigt, daß der angestrebte materialökonomische Effekt nur dann voll eintritt, wenn von der Qualifizierung der Projektierung der gesamte Verarbeitungsprozeß der Arbeitsmaschine erfaßt wird, wenn also zum Beispiel schon die mit elektrischer Antriebstechnik ausgerüsteten Kälteverdichter den Klimaaufgaben optimal angepaßt wurden. Und zwar so, daß mit vertretbarem Risiko bei der Projektierung der gesamten Kühlanlage die höchste Ausnutzung des Aggregats gefunden wurde. Diese Notwendigkeit ist noch zwingender, wenn man das Höchstmaß an Energieökonomie durch eine qualifizierte Projektierung anstrebt. Zwingender deshalb, weil ein geringer Ausnutzungsgrad wohl materialökonomisch voll zu Buche schlägt, eine Unterlast aber nur im Extremfall zu energieökonomischen Verlusten führt.

Aus zahlreichen weiteren Beispielen, die eine kürzlich erarbeitete Expertise zu Fragen des Energiesparpotentials bei elektrischen Antrieben erfaßt hat, läßt sich schlußfolgern: Die Hebung der Energieökonomie bei elektrischen Antrieben ist hauptsächlich durch eine gewissenhafte Analyse des gesamten Verarbeitungsprozesses vorzubereiten. Den Entwurf der Antriebslösung unterstützen moderne Softwarekomponenten. Die Mittel zur Verwirklichung der daraus abgeleiteten aufwandsminimalen Lösungen sind Meß-, Steuer- und Regeltechnik sowie die leistungselektronischen Stellglieder und natürlich die Elektromotoren mit bewährtem hohen Wirkungsgrad.

Von

Dr.-Ing. habil. Hans Reiche

Leiter des Bereichs Forschung im VEB Kombinat Elektromaschinenbau

Literatur

[1] Lehmann, G.; Reiche, H.; Wich, H.: Texturized electric steels for rotating machines. Paper for the conference Soft Magnetic Materials 9, Madrid, Sept. 1989

[2] Reiche, H.; Vogel, J.: Projektierungssoftware VEM prodrive für elektrische Antriebe — ein Ergebnis der Wissenschaftskooperation. ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 9, S. 325

EK 4105

Umrichtergespeister Drehstromantrieb beim Porzellanbrand

P. Maier, Meißen; F. Melzer, Dresden

Moderne Antriebstechnik applizieren schließt ein, die Einsatzfälle von Frequenzumrichtern zur Speisung von Drehstrom-Asynchronmotoren zu beschreiben. Von besonderer Bedeutung sind Einsatzfälle, bei denen mit der Automatisierung bestimmter Prozesse Energie eingespart wird. Die Herdraumdruckregelung für einen Porzellanbrennofen der Porzellan-Manufaktur Meißen ist dafür ein eindrucksvolles Referenzbeispiel.

Frühere Beiträge berichteten über die Möglichkeit der Energieeinsparung bei drehzahlvariablen Drehstromantrieben [1] und über Einsatzbeispiele von umrichtergespeisten Drehstromantrieben zur Automatisierung bzw. Optimierung technologischer Prozesse [2]. Im folgenden wird beschrieben, wie in der Porzellanindustrie ein VEM-Drehstromantrieb mit Frequenzumrichter DDU 380/16 [3] ein klassisches Antriebssystem ablöste und wie Energie eingespart wird.

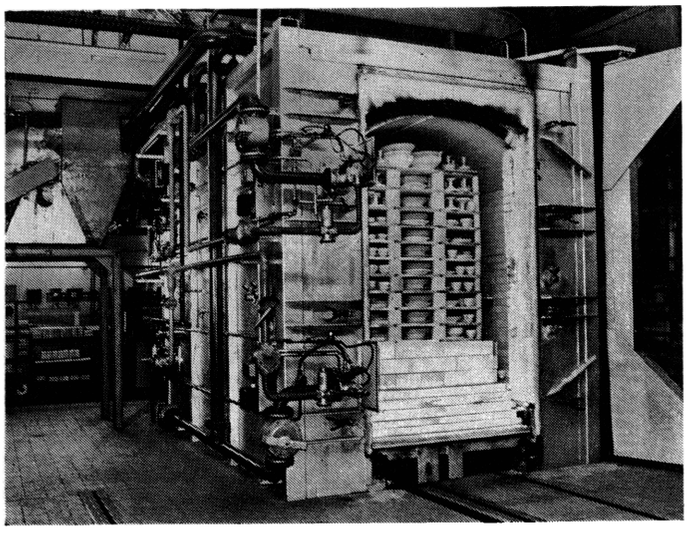
1. Technologischer Prozeß

Die Bilder 1 und 2 zeigen den Porzellanbrennofen mit den notwendigen Stellgliedern für die Druckregelung. Bild 1 verdeutlicht den geöffneten Porzellanbrennofen mit dem im Brennraum befindlichen Herdwagen. Die notwendige Herdraumtemperatur wird mit Gasbrennern erzeugt, von denen zwei an der linken Vorderseite des Ofens zu sehen sind. Die Brenner bekommen ein Gemisch aus Gas (gelbe Rohre) und Luft (blaue Rohre) zugeführt. Je nach Prozeßabschnitt fallen etwa 200 bis 8000 m³ Abgas je Stunde an. Zur Abführung der Verbrennungsgase befindet sich am Ofenboden unterhalb des Herdwagens die Öffnung für den Abgas- bzw. Entsorgungskanal.

Die Weiterführung des Abgaskanals hinter dem Porzellanbrennofen ist im Bild 2 zu sehen. Der Kanal führt über eine Drossel (mittlerer Teil des Bildes), deren Drosselklappe über einen Stellmotor verstellt werden kann, zu einem Lüfter, der die Verbrennungsgase aus dem Ofen abtransportiert. Im linken oberen Teil von Bild 1 ist dieser Lüfter als Bestandteil des Abgassystems des Nachbarofens enthalten. Er befördert die Abgase in einen zentralen Entsorgungskanal oberhalb der Porzellanbrennöfen. Den Abgasen wird kurz nach dem Austritt des Abgaskanals aus dem Fußboden (Bild 2) Falschluft zugemischt. Eine motorgestellte Drossel dosiert die Falschluft in Abhängigkeit von der Abgastemperatur, die wegen der thermischen Beanspruchung bestimmter Bauteile eine Grenztemperatur nicht überschreiten darf. Beim Porzellanbrand besteht die Aufgabe, die Verbrennungsgase aus dem Ofen zu bringen und im Innenraum des Porzellanbrennofens einen Überdruck von etwa 3 bis 4 Pa gegenüber der Umgebung außerhalb des Ofens zu erzeugen und über den gesamten Prozeß konstant zu halten. Zwischen Herdraum und Abgaskanal ist als Abdichtung eine Sandrinne vorhanden. Der bei allen Prozeßabschnitten konstante Überdruck sorgt für die erforderliche Reinheit im Herdraum. Kurzzeitiger Unterdruck im Herdraum könnte Staubeintritt über die Sanddichtung bewirken.

Dr.-Ing. *Peter Maier* ist Forschungsingenieur im VEB Staatliche Porzellan-Manufaktur, Meißen.
Dr.-Ing. *Frank Melzer* ist Gruppenleiter im VEB Kombinat Elektromaschinenbau Dresden.

Bild 1. Porzellanbrennofen bei geöffneter Ofentür



2. Klassische Antriebslösung

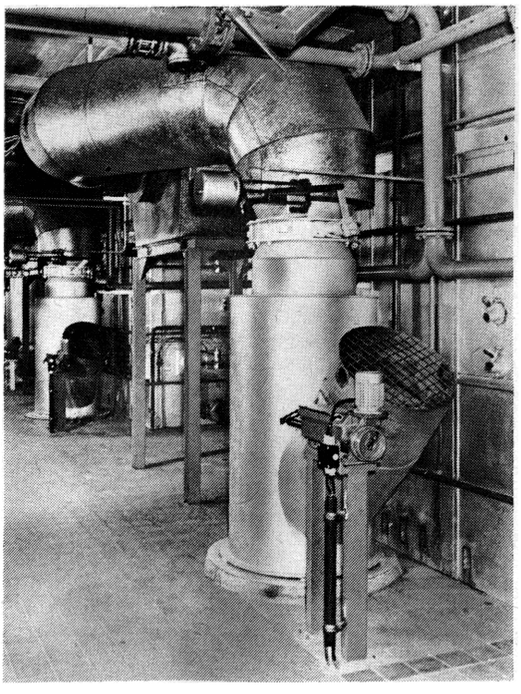
Das Wirkprinzip der klassischen Antriebslösung geht aus Bild 3 hervor. Dargestellt ist das Abgassystem bestehend aus Abgaskanal, Lüfter, Abgasdrossel und Drossel für Falschluftzufuhr und der Regelkreis für den Herdraumdruck. Der Herdraumdruck wird mit einer Drucksonde im Innenraum des Porzellanbrennofens gemessen und mit einem Meßwertumformer in ein elektrisch weiterverarbeitbares Einheitsstromsignal gewandelt. Eine Regel- und Steuereinrichtung beeinflußt über das Motorstellglied der Abgasdrossel den Volumenstrom der Abgase und damit den Druck im Herdraum. Den Lüfter treibt ein 7,5-kW-Drehstrom-Asynchronmotor an, der aus dem frequenz- und spannungsstarren Drehstromnetz gespeist wird. Wegen des nichtlinearen Verstärkungsfaktors der Abgasdrossel und des zusätzlichen Einflusses der Falschluftzumischung, die von der Temperatur der Abgase abhängig ist, ist es nicht möglich, den Regelkreis für jeden Prozeßabschnitt zu optimieren. Besonders kritisch ist der Prozeßzeitpunkt, bei dem durch schlagartige Sperrung der Brenngaszufuhr der Brandprozeß beendet wird und der Volumenstrom sich sofort auf 80 % des Maximalwertes ändert. Dabei besteht die Gefahr, daß im Herdraum kurzzeitig ein Unterdruck entsteht. Klassisch wird das durch eine entsprechende manuelle Falschluftdosierung ausgeglichen. Die Falschluftzufuhr wirkt sich nachteilig auf die Abgasexergie aus.

Die vom Drehstrom-Asynchronmotor aufgenommene Energie bleibt während des gesamten Prozesses fast konstant.

3. Antriebslösung mit umrichtergespeisten Drehstromantrieb

Das Wirkprinzip der Antriebslösung mit umrichtergespeistem Drehstromantrieb ist im Bild 4 dargestellt. Es ist zu sehen, daß das projektierte Abgassystem der klassischen Antriebslösung beibehalten wurde. Das Stellglied der klassischen Antriebslösung, die Abgasdrossel, wurde außer Betrieb gesetzt und deren Drosselklappe auf maximalen Abgasvolumenstrom fest eingestellt.

Bild 2. Blick hinter den Porzellanbrennofen mit dem Abgassystem



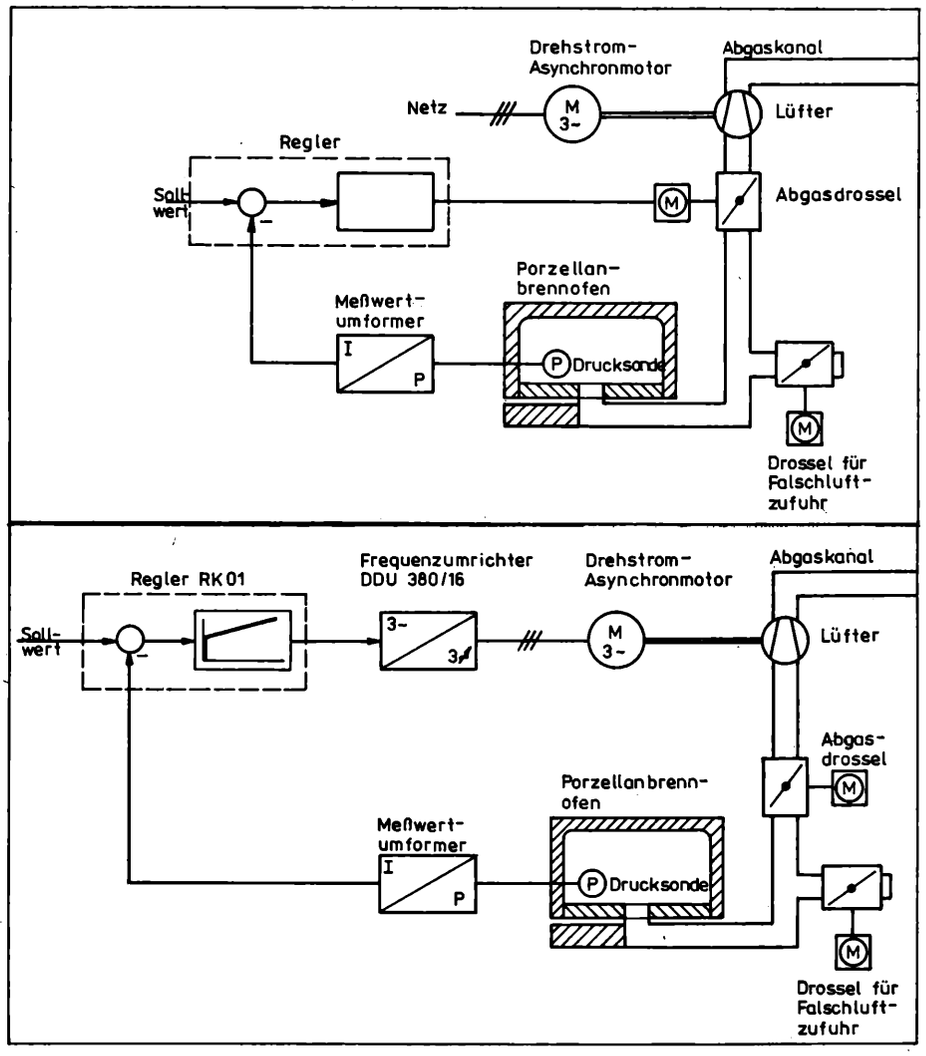


Bild 4. Blockschaltbild des Druckregelkreises nach dem klassischen Regelverfahren und des Druckregelkreises mit umrichtergespeistem Drehstromantrieb; Antriebslösung mit umrichtergespeistem Drehstromantrieb

Als Stellglied des Druckregelkreises fungiert der Lüfter, der durch den Einsatz des Frequenzumrichters DDU 380/16 [3] als Speisequelle für den Lüftermotor in seiner Drehzahl mit weitem Stellbereich veränderbar ist.

Die von der Druckmeßsonde aufgenommenen und vom Meßwertumformer gewandelten Druckmeßwerte werden einem stetigen elektronischen Regler Rk 01 zugeführt, der den Frequenzumrichter mit einem Einheitsstromsignal 0 bis 20 mA steuert.

Am Frequenzumrichter wurde die programmierte U/f-Zuordnung mit quadratischer Abhängigkeit der Ausgangsspannung des Umrichters von der Ausgangsfrequenz gewählt. Diese U/f-Zuordnung ist für Anwendungsfälle mit quadratischer Abhängigkeit des Drehmoments der Arbeitsmaschine von der Drehzahl, wie in diesem Einsatzfall beim Lüfter, vorgesehen. Das einstellbare Regime im Frequenzumrichter für Hochlauf- und Bremszeit wurde der Reglerzeitkonstante angepaßt. Weitere Einstell- und Anpaßarbeiten sind an dem anschlußfertigen Frequenzumrichter nicht notwendig.

Mit der vorstehend beschriebenen Antriebslösung wurde die Zielstellung, den Herdraumdruck in den Grenzen 3 bis 4 Pa konstant zu halten, erfüllt. Dabei wurde ein Frequenzbereich der Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters von 1 Hz bis 55 Hz ausgenutzt. Der Durchschnitt der Ausgangsfrequenz über der Prozeßdauer betrug etwa 18 Hz. Durch diese durchschnittlich große Abweichung der Ausgangsfrequenz gegenüber der Nennfrequenz des Drehstrom-Asynchronmotors von 50 Hz wurde eine relativ hohe Einsparung an Elektroenergie nachgewiesen.

Die bei der klassischen Antriebslösung unterhalb der Grenztemperatur notwendige Falschluftzufuhr konnte entfallen.

Diese Antriebslösung kann auch für die Luftversorgung der Brenner eingesetzt werden.

4. Effekte der Antriebslösung mit umrichtergespeisten Drehstromantrieb

Zusammenfassend ergeben sich bei der vorstehend beschriebenen Antriebslösung für Porzellanbrennöfen folgende Effekte:

— Einsparung an Elektroenergie von durchschnittlich mehr als 60 %

— Verbesserung des regelungstechnischen Verhaltens des Druckregelkreises und Beseitigung der Gefahr des Staubbefalls am Porzellan

— Reduzierung der thermischen und mechanischen Lagerbelastung von Lüfter und Drehstrom-Asynchronmotor, die häufig zu Havarien führte

— Bedingt durch die günstigere Steuerung der Falschluftzufuhr wird die Abgastemperatur positiv beeinflußt. Damit wird einerseits das vorhandene Abgassystem entlastet, andererseits erhöht sich der Wirkungsgrad für eine Sekundärenergierückgewinnung.

5. Zusammenfassung

Die in der Staatlichen Porzellan-Manufaktur Meißen erprobte Antriebslösung mit umrichtergespeistem Drehstromantrieb für die Herdraumdruckregelung beim Porzellanbrand ist eine Referenz für gleichartige Antriebslösungen in der gesamten Keramik- und Porzellanindustrie und für den problemlosen Einsatz der Frequenzumrichter DDU 380/16 bei der Optimierung technologischer Prozesse. Die Projektanten dieser Antriebslösung heben in diesem Zusammenhang die Vorteile der schlußfertigen Konzeption der Frequenzumrichter des VEB Kombinat Elektromaschinenbau hervor.

Literatur

[1] *Dietze, W.; Michalke, N.:* Der drehzahlvariable Drehstromantrieb — Ein Beispiel kompletter Antriebstechnik des VEM-Elektromaschinenbaus. Elektromaschinenbau der DDR — Technische Mitteilungen 2 (1981) 2, S. 3–5

[2] *Melzer, F.:* Anwenderindustrie schätzt VEB-Transistorumrichter. Elektromaschinenbau der DDR — Technische Mitteilungen 7 (1986) 2, S. 9–13

[3] *Melzer, F.; Lohs, A.; Thieme, M.:* Neuer VEM-Frequenzumrichter mit großen Anwendervorteilen. Elektromaschinenbau der DDR — Technische Mitteilungen 9 (1988) 1, S. 20–24

EA 6114

100 Jahre Freileitungsisolatoren-Entwicklung im Kombinat VEB Keramische Werke Hermsdorf

G. Morgenstern, Schlettau

Seit dem Jahr 1890 befaßt sich die damals neu gegründete Porzellanfabrik in Hermsdorf, Thüringen, mit der Herstellung von technischem Porzellan, unter anderen auch von Isolatoren für elektrotechnische Zwecke. Ein anfängliches Typenangebot von Telegrafenisolatoren wurde durch die Erstproduktion von Starkstrom- und Hochspannungsisolatoren erweitert, führte 1897 zu einer beachtenswerten Neuentwicklung — der „Delta-Glocke" — und brachte das Werk in den Vordergrund des Weltinteresses.
Seit diesem Zeitpunkt entwickelte sich die Hermsdorfer Porzellanfabrik in Europa zu einem der bedeutendsten Exportbetriebe der Isolatorenbranche. Die Elektrotechniker vieler Länder benutzten um die Jahrhundertwende die Hermsdorfer Katalognummern als internationalen Maßstab für die Größenbewertung von Hochspannungsisolatoren.
Unter Verwendung von Archivmaterial verschiedener Institutionen wird über die Entwicklungsgeschichte der Freileitungsisolatorenfertigung seit der ersten elektrischen Energieübertragung im Jahre 1891 bis zur Gegenwart berichtet.

1. Historischer Rückblick

Ende der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts bestand kein Zweifel an der Brauchbarkeit des elektrischen Gleichstroms. Die Installation großer Gleichspannungsnetze begann: in Akkumulatoren konnte elektrische Energie gespeichert werden; Gleichstrom wurde für galvanische Zwecke genutzt; es gab die ersten Gleichstrommotoren. Dieser schnellen Verbreitung der Gleichstromtechnik erwuchs durch die Erfindung der dynamo-elektrischen Maschine ein ernst zu nehmender Konkurrent, die Wechselstromtechnik. Bereits im Dezember 1866 hatte *Werner von Siemens* einigen Berliner Physikern seine Erfindung „durch Aufwendung von Arbeitskraft elektrische Wechselströme jeder gewünschten Spannung und Stärke zu erzeugen" vorgeführt und die Beschreibung des Wirkungsprinzips am 17. Januar 1867 der Berliner Akademie zur Prioritätsbestätigung eingereicht. Noch im gleichen Jahr wurde eine von der Firma Siemens und Halske gebaute „dynamoelektrische Maschine" auf der Pariser Weltausstellung gezeigt.
In den USA trat die Westinghouse Company als aktiver Vorkämpfer für die Vorteile der Wechselstromtechnik auf. Sie löste dadurch einen in aller Härte geführten Wirtschaftskrieg um die Vormachtstellung zwischen den Verfechtern der neuen Wechselstromtechnik und den renommierten Vertretern der bereits praktisch erprobten Gleichstromtechnik aus. Den scheinbaren Sieg trugen die Produzenten der Gleichstromtechnik davon, nachdem sie den interessierten Kreis der Abnehmer kurzfristig und höchst wirkungsvoll von der Gefährlichkeit des Wechselstromes überzeugt hatten; es gelang ihnen, durch eine angeblich „ethische Bewegung" den mit Wechselstrom zu betreibenden „Elektrischen Stuhl" als Hinrichtungsmethode für Schwerverbrecher obligatorisch einzuführen. Daß in Wechselstrominstallationen der unvermeidbare elektrische Tod lauert, schien für die breite Öffentlichkeit eine permanente Drohung!
In dieser Situation erregte 1891 die Nachricht einer in Deutschland erfolgreich durchgeführten elektrischen Energieübertragung von Lauffen am Neckar nach Frankfurt am Main weltweites Aufsehen. Die in Mißkredit gebrachte Wechselstromtechnik offenbarte völlig überzeugend ihre Überlegenheit über die bisher führende Gleichstromtechnik, galt doch nunmehr als sicher bewiesen:

1. Wechselspannung ist transformierbar;
2. Es lassen sich in einfacher Weise beliebig hohe Wechselspannungen erzeugen;
3. Die Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen ist nur mit Wechselstrom hoher Spannung ohne nennenswerte Verluste realisierbar.

Diese beeindruckende Wechselspannungsübertragung eilte den Bedürfnissen der damaligen Zeit weit voraus und fand sehr schnell in aller Welt Nachahmung.
Damals wurde bei einer Betriebsspannung von 15 kV eine Drehstromleistung von etwa 200 kW mit einem Wirkungsgrad von über 70 % übertragen; heute sind Bündelleiter-Drehstromleitungen mit Übertragungsspannungen von 400 kV und mit Leistungen von einigen hundert MW in fast allen Industrieländern seit Jahrzehnten in Betrieb. Mit Recht wird die Energieübertragung Lauffen — Frankfurt als ein Markstein der Entwicklung der Elektrotechnik bezeichnet. Sie ist gleichzeitig Auftakt für die geschichtliche Entwicklung der Freileitungsisolatoren, über die nachfolgend berichtet wird.

2. Entwicklung der Freileitungsisolatoren

2.1. Öl-Isolatoren

Den Projektanten der geschilderten historischen Energieübertragung, die anläßlich der internationalen Ausstellung 1891 in Frankfurt am Main errichtet wurde, bereitete die zu wählende Isolation der etwa 175 km langen Freileitung besondere Sorge. Von den 9000 einzubauenden Isolatoren durfte nicht ein einziger versagen. Man entschied sich für einen mit Öl gefüllten Isolator, der für Schwachstromzwecke schon seit 1860 verwendet worden war. Um Leckströme durch die Bildung einer isolationsmindernden zusammenhängenden Feuchtigkeitsschicht der Oberfläche wirkungsvoll unterbinden zu können, sollten in der im Bild 1 erkennbaren Weise Ölrinnen eingebaut werden.
Bei der Fertigung der helmartigen großen Glocke traten jedoch zahlreiche Trockenrisse auf, so daß zum Zeitpunkt des Liefertermins nur ein Drittel aller verfügbaren Isolatoren aus dem zweiteiligen zusammenglasierten Typ bestand. 120 km der Übertragungsstrecke mußten folglich mit der abgebildeten, wesentlich kleineren Porzellanglocke bestückt werden, deren unterer Rand zur Aufnahme von Isolieröl nach innen umgebogen war.
Obgleich erstmalig sämtliche Isolatoren vor dem Einbau auf die damals üblichen hölzernen Telegrafenstangen elektrisch geprüft wurden, blieb dennoch das Unternehmen bis zur letzten Stunde ein Angstbetrieb. Erst nach Ausstellungsschluß bestätigten verschärfte Prüfungen, daß die Isolatoren auch bei der doppelten Betriebsspannung standgehalten hätten.
Im längeren Probebetrieb offenbarte sich jedoch bald, daß die Isolatoren sehr leicht verschmutzten und verkrusteten, auf den öligen Flächen Staub und Insekten haften blieben. Aller drei Monate mußte nachts — bei abgeschalteter Leitung — die Ölfüllung erneuert werden.

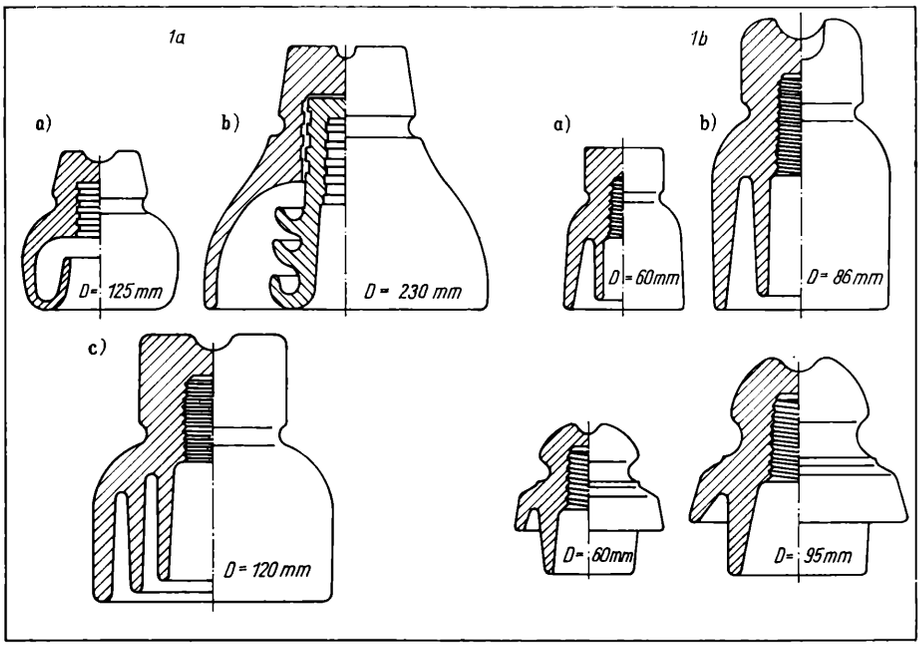
2.2. Schwachstrom-Isolatoren für Starkstromzwecke

Der erste Porzellanisolator, die sogenannte Telegrafenglocke, wurde in den vierziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts in großer Stückzahl produziert. Das Hauptanliegen der damaligen Konstruktion galt der Minderung der Leitungsverluste. Deshalb wurde zur Unterdrückung von Leckströmen besonderer Wert auf das Vorhandensein eines hohen Oberflächenwiderstandes selbst bei ungünstigen klimatischen Bedingungen gelegt. Nur durch Erfüllung dieser Grundforderung war eine Telegrafie- und Telefonübertragung über große Strecken möglich.
Bild 1 zeigt (rechts oben) zwei bereits vor 1870 von der damaligen Reichspost eingeführte unterschiedlich große Isolatoren der gleichen Formgebung (RM I; RM II). Dieses sogenannte „Reichspostmodell" hat sich bis nach dem ersten Weltkrieg in dieser Form bewährt. Die schlanken zylindrischen Isoliermäntel der Porzellan-Doppelglocke gewährleisteten auch bei lang anhaltender ungünstiger feuchter Witterung (Nebel, Dauerregen) einen ausreichend guten Isolationswert.
Für die Nachrichtenübertragung benötigte man nur dünne Leitungsdrähte. Infolge der relativ geringen mechanischen Leitungszüge fand nur ein Durchbiegen der Eisenstützte statt, wenn z. B. im mechanischen Labor überhöhte Kontrollprüflasten angelegt wurden. Bei beabsichtigten Zerstörungsprüfungen mußte deshalb die Porzellanglocke mitsamt ihrem Mantel soweit einzementiert werden, daß gerade noch der Isolatorkopf oberhalb der Halsrille zur Aufnahme des Zugseils aus der Zementbefestigung herausragte.

Dr. sc. techn. *Gerhard Morgenstern* ist Dozent an der Technischen Universität Karl-Marx-Stadt und war vormals Leiter des Labors für Hochspannungstechnik und Mechanik im Kombinat VEB Keramische Werke Hermsdorf/Thüringen.

Bild 1a). Isolatoren der Lauffener-Kraftübertragung 1891
a) Öl-Isolator mit Ölkammer; D = 125 mm
b) Öl-Isolator mit Ölrinnen; D = 230 mm
c) Hochspannungs-Isolator; D = 120 mm
$U_{Betrieb}$ = 13 kV (< 20 Jahre) bzw. $U_{Betrieb}$ = 22 kV (Holzmast)

Bild 1b). Anfänge der Isolatorenentwicklung
a) Schwachstrom-Isolatoren; D = 60 mm bzw. 86 mm Reichspostmodell (links)
b) Niederspannungs-Starkstrom-Isolatoren bis 500 V; D = 60 mm bzw. 95 mm für bedeckte Räume (links), für Freiluft (rechts)



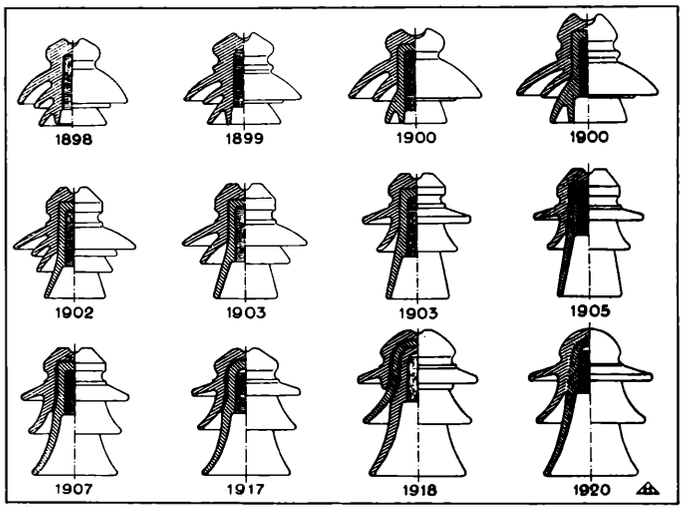


Bild 2. Entwicklung des Dreimantel-(Delta)-Isolators

Mit dieser improvisierten Prüfmethode wurden Scherfestigkeiten von 500 bis 1200 kg bereits damals als Mindestwerte garantiert. Diese bewährte Telegrafenglocke fand in abgewandelter Formgebung auch für die Zwecke einer elektrischen Energieübertragung Verwendung. Bild 1 zeigt links unten einen Hochspannungsisolator, der um 1901 von der Porzellanfabrik Hermsdorf geliefert wurde. Das dargestellte Modell ermöglichte die störungsfreie Übertragung einer Spannung von 13000 V.

Die tiefen Zwischenräume der Isoliermäntel sicherten zwar einen noch ausreichenden Isolationswert, bestätigten aber auch, daß um die Jahrhundertwende die Formgebung der Freileitungsisolatoren keinesfalls ausgereift war. Noch bildete die Qualität des Porzellans das vorrangige Kriterium zur Zulassung für elektrotechnische Zwecke.

Durch eine intensive Werkstoffentwicklung sowie durch eine vorgeschriebene Brandführung des keramischen Sinterprozesses konnte das Isolationsvermögen des Werkstoffgefüges beachtenswert verbessert werden. In dieser Entwicklungsphase wurde auch die bekannte Produktionskontrolle der „Fuchsinprüfung"[1]) zur Aussonderung fehlerhafter, d.h. porös gebrannter Erzeugnisse, in die Fertigungskontrolle eingeführt.

[1]) Unter einem Druck von 150 kp · h · cm^{-2} dringt in alle äußerlich nicht wahrnehmbare Spalte, Haarrisse und nicht abgeschlossenen Porenhohlräume des im Drucktank-Prüfgefäß befindlichen zerschlagenen Prüflings die dünnflüssige und farbkräftige rote Fuchsinlösung (1 kg Fuchsin in 100 g Methylalkohol) ein und markiert Qualitätsfehler durch Farbstoffbindung.

2.3. Niederspannungs-Starkstromisolatoren bis 500 V

Die neue Formgebung des Isolators sollte aus sicherheitstechnischen Gründen eine Verwechslung mit Schwachstrom-Isolatoren von vorn herein ausschließen (Bild 1, rechts unten). Die „Halsrille" wurde zur Aufnahme der stärksten praktisch vorkommenden Drahtquerschnitte merklich vergrößert; der zulässige Leitungszug wird vollständig von der innen weit nach oben geführten sowie stärker dimensionierten verbiegungssicheren eisernen Stütze aufgenommen. Da dieser sogenannte „Niederspannungs-Starkstrom-Isolator" nur für Spannungen bis 500 V vorgesehen war, wurde der Oberflächenwiderstand vernachlässigt.

Der Kriechweg des Isolators ist daher erheblich kleiner als der eines Telegrafenisolators, jedoch ist der funktionswichtigere Überschlagweg etwas größer bemessen. Die weitere Zunahme der Nennspannungen und die unabdingbare Forderung nach einem zuverlässigen Betriebsverhalten auch bei Regen führte schließlich zur Entwicklung des Dreimantel-(Delta)-Isolators.

2.4. Delta-Isolatoren

1897 entstand in der 1889 gegründeten und bereits im Folgejahr auf dem elektrischen Sektor produzierenden Porzellanfabrik Hermsdorf, Thüringen, die Delta-Glocke (Schutzmarke!). Sie blieb unter ständiger Weiterentwicklung für Jahrzehnte der führende Hochspannungsisolator (Bild 2).

Kleine und große Isolatoren dieses Typs wurden zunächst aus einem einzigen Stück hergestellt. Bereits um die Jahrhundertwende ermöglichte der fortgeschrittene Stand der Isolatorentechnik eine toleranzsichere Einzelteilfertigung aus verhältnismäßig dünnen, jedoch tadellos durchgebrannten und somit elektrisch hochwertigem Porzellan. Auch in mechanischer Hinsicht war der verwendete keramische Isolierstoff absolut zuverlässig. Die werkstoffgerechte mechanische Druckbeanspruchung der Stützer-Konstruktion führte selbst bei übernormalen Zugbeanspruchungen im Prüflabor keinesfalls zur Zersplitterung, allerdings zum Verbiegen der gebräuchlichen Eisenstützen. Die vorteilhafterweise gespreizten Isolatorschirme konnten durch eine einfache wulstartige Randverdickung gegen Schlagbeanspruchung (Transportschäden) widerstandsfähig gemacht werden, ohne daß eine zusätzliche Erhöhung der Scheibenstärke oder des Isolatorgewichts notwendig wurde.

Eine Verlegung des Leitungsdrahtes auf der Kopfmitte war bei dem 1920 gefertigten Stützertyp bewußt nicht vorgesehen, um durch eine gleichmäßige Scherbenstärke im Bereich der höchsten elektrischen Beanspruchung eine gesteigerte Durchschlagsicherheit des Stützerkopfes zu erwirken.

Die damalige Normung beschränkte sich auf die äußere Form der Hauptmaße; dem Herstellerbetrieb war die innere konstruktive Gestaltung freigestellt. Eine über Jahre hinaus beständige Fertigung dieser Isolatoren gab es nicht. Vielfache Änderungen wurden im Hinblick auf die Anzahl der zusammengefügten Porzellaneinzel-

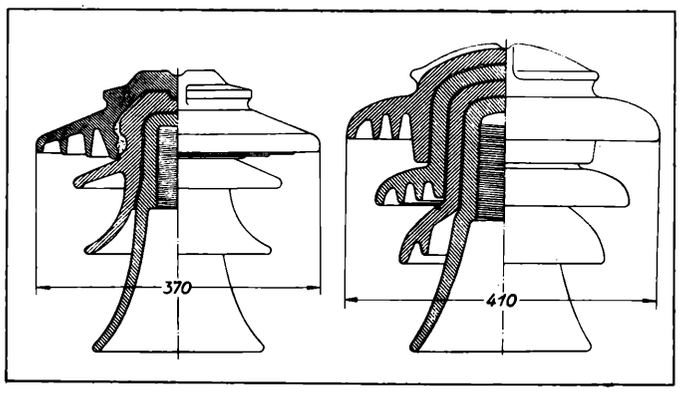


Bild 3. Mehrteilige Delta-Isolatoren
gekitteter Delta-Isolator (links); zusammengehanfter Delta-Isolator (rechts)

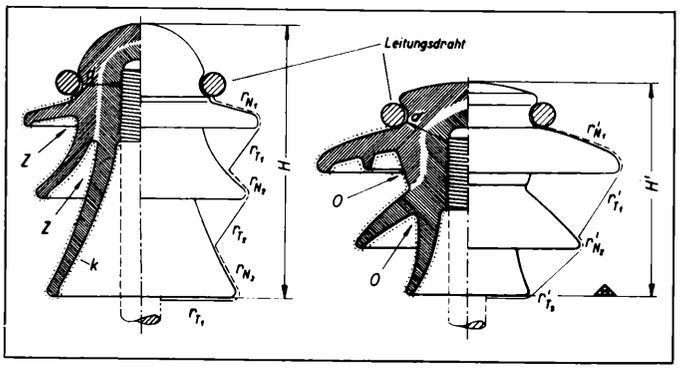


Bild 4. Delta- und Weitschirmisolator
r_N Regenweg-Naßkomponente; r_T Regenweg-Trockenkomponente; *k* Kriechweg; *d* Durchschlagweg; *H* Höhe; *Z* Zwickelförmige enge Spalte; *O* offene Hohlräume; $H > H'$

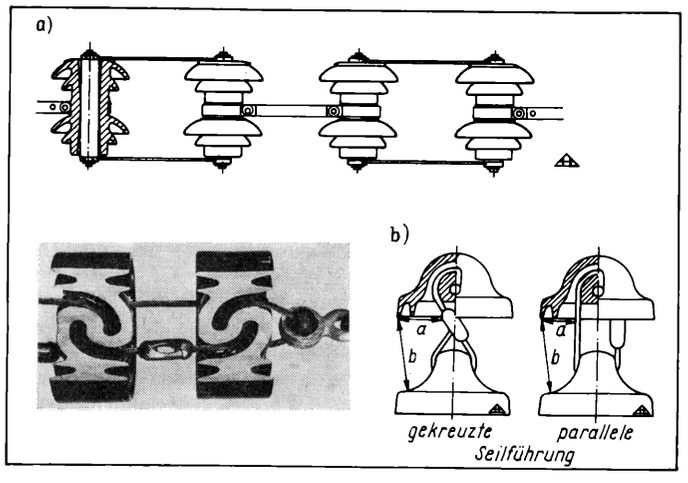


Bild 5. Schlingen-Isolatoren
a) Abspannlage; b) Seilführung: gekreuzte Seilführung (links); parallele Seilführung (rechts)

teile, aber auch hinsichtlich ihrer Befestigungsart z.B. Glasieren, Zusammenkitten, -hanfen, -schrauben vorgenommen.
Zwei in diesem Zusammenhang interessante Isolatoren sind im Bild 3 vorgestellt. Bei dem linken Isolator handelt es sich um einen anfänglich „nur zweiteilig" gekitteten Delta-Isolator (I 1412) der Porzellanfabrik Hermsdorf (Thür.) für die 1906/1907 gebaute 50-kV-Leitung Knäred — Malmö (Finnland). Wegen des Auftretens starker salzhaltiger Niederschläge wurde später zur Verbesserung der Isolation ein mit Rippen versehener Porzellanschirm auf dem Kopf des Isolators aufgekittet. Der zusammengehanfte vierteilige Delta-Isolator im Bild 3 wurde 18 Jahre später unter der Typennummer Is 234[a] von der HESCHO[2]) mit unterseitigen Salzrippen für die 50-kV-Leitung Knäred — Malmö (1924) geliefert.
Das hervortretende Merkmal dieses Isolators sind die gleichmäßigen Scherbenstärken und Kittfugenbreiten. Von der Wahl der geeigneten Kittsubstanz und der praktischen Realisierung einer dünnen Kittschicht war die Erzeugnisqualität in hohem Maße abhängig. Beim täglichen und jahreszeitlichen periodischen Temperaturspiel durfte es weder tagsüber zur Treibwirkung (Sonneneinstrahlung) noch nachts zu ungleichmäßigen Schrumpfeffekten kommen (Winterkälte). Rißbildungen wurden erfahrungsgemäß auch durch die oft sehr unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten der mechanischen Stütze (Metall) sowie des Porzellantellers befürchtet. Zeitweilig wurden die Isolatoren mit Hanf, der zur erleichterten Montage sowie zwecks späterer Verharzung mit Leinöl durchtränkt wurde, fest verbunden.
Um Glimmentladungen, Verkohlungseffekte und Verwitterungserscheinungen als Folgeeffekte zu unterbinden, wurden die Hanfverbindungen durch leitfähige Zusätze kurzgeschlossen. Während des zweiten Weltkrieges benutzte man infolge des akuten Hanfmangels gefaltete Papierhülsen, die mit einer geeigneten Isoliermasse getränkt wurden.
Korrosionseffekte, an der metallischen Stütze beginnend, sowie die Bildung von Ozon und salpetriger Säure führten nach mehr oder weniger langer Betriebszeit verschiedentlich zu Störeffekten.
Weitere Befestigungsmethoden waren:

— Einbau von Metallstützen mit aufgegossenem Bleigewinde
— Kitten durch verschiedene Zement- und Gipssorten
— Eingießen von erstarrenden Massen, z.B. aus Schwefel, Blei oder Metallzement
— in den USA sogar die Verwendung von Holzstützen aus Eichen- und Akazienhartholz.

2.5. Weitschirm-Isolatoren

Die zunächst spekulativ entwickelten Isolatortypen waren den zunehmenden technischen Anforderungen auf die Dauer nicht gewachsen. Für neue höhere Übertragungsspannungen sowie beim Einsatz der bisherigen Isolatortypen in Industriegegenden mit „stark anbackendem Schmutzbefall" und in Hafenstädten mit vorherrschendem Seeklima, folglich salzhaltiger Oberflächenverkrustung, mußten die in praktischen Einsätzen gewonnenen oft bitteren Erfahrungen mit exakt wissenschaftlichen Untersuchungsmethoden koordiniert werden, um befriedigende neue konstruktive Lösungen zu finden. Eine proportionale Vergrößerung bewährter Formgebungen reichte infolge der bei zunehmender Hochspannung überraschend auftretenden physikalischen Entladungseffekte nicht mehr aus. Beispielsweise kam es bei den bisher als zuverlässig erscheinenden Delta-Isolatoren in den zwickelförmigen Spalten zwischen den Schirmen frühzeitig zu Glimmerscheinungen und prasselnden Gleitentladungen. Auch die genannten tiefen und engen Hohlräumen waren nicht leicht von Schmutz- und Salzkrusten zu reinigen.
Dem Konstrukteur drängten sich zwei neue Zielsetzungen auf:

— Die fast vertikal verlaufende Formgestalt des Kerns der Isolatoren mußte dem natürlichen Verlauf der elektrischen Feldlinien angeglichen werden.
— Die Schirme hingegen sollten weitgehend dem horizontal orientierten Äquipotentiallinienfeld angepaßt sein.

Bild 4 zeigt das Ergebnis dieser Konzeption.
Aus dem traditionellen Delta-Isolator entstand der isolationstechnisch wirksamere Weitschirm-Isolator. Die Isolator-Schirme liegen als Barrieren nahezu quer zu den elektrischen Feldlinien. Durch die vorgesehenen weiten Hohlräume (0) wird die Spannungsverteilung günstig beeinflußt. Selbst unter Regen zeigt dieser Weitschirm-Isolator bei etwa 90 % der Überschlagspannung nur sehr mäßige Entladungserscheinungen. Die nassen Abschnitte der Schirmoberfläche wirken als leitfähige Kondensatorbeläge und tragen zur Homogenisierung des Feldes zwischen den Schirmen bei. Beim erzwungenen Regenüberschlag ist der feuchte Oberflächenbelag r_N leider eine Kurzschlußbrücke, so daß bis zum Erreichen des Überschlagspannungswertes nur die Regenweg-Luftkomponente r_T als spannungstragende Trockenzone Isolationscharakter hat. Diese funktionswichtige Regenweg-Luftkomponente r_T mußte daher trotz der beim Weitschirm-Isolator beabsichtigten Bauhöheneinsparung und Ge-

[2]) HESCHO: vormals Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren GmbH; zugehörige Werke: Porzellanfabrik Hermsdorf (Thür.), Porzellanfabrik Margaretenhütte Großdubrau bei Bautzen, Porzellanfabrik Freiberg (Sachsen), Porzellanfabrik Schwandorf (Bayern)

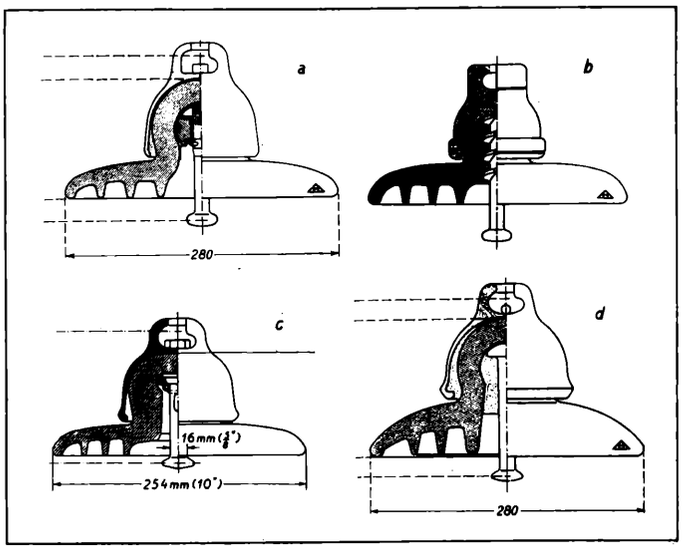


Bild 6. Klöppelbefestigung bei Kappenisolatoren
a) kittlose Klöppelbefestigung
b) gewindeförmige Klöppelauflagefläche
c) Klöppelbefestigung mit Federring
d) eingekittete Klöppel

wichtsverringerung unbedingt beibehalten werden. Die Stütze des Weitschirm-Isolators ist nicht über die Bundrille hochgeführt, so daß neben der mechanischen Druckbeanspruchung eine zusätzliche Scherbeanspruchung auftritt. Trotzdem erfolgt bei mechanischer Überforderung vor der Zersplitterung des Porzellankopfes eine vorausgehende Durchbiegung der Befestigungsstütze. Weitschirm-Isolatoren wurden für Betriebsspannungen bis zu 50 kV genormt. In Ländern mit günstigen klimatischen Verhältnissen konnten sie bei noch höheren Betriebspannungen verwendet werden. Die italienische Staatsbahn baute bereits 1924 Weitschirm-Isolatoren für 65-kV-Leitungen mit Erfolg ein.[3])

2.6. Schäkel-Isolatoren

Bei hohen Seilzügen müssen die eingekitteten metallischen Befestigungsstützen ungewöhnlich große Querschnitte erhalten, um ein Verbiegen unter Last zu erschweren. Diese übliche Art der sogenannten „Innenkittung" hat einen nicht zu beseitigenden Nachteil. Bei Erwärmung treten infolge der hohen Ausdehnungskoeffizienten der metallischen Stützen sowie des vielfach verwendeten Portlandzements sehr starke Treibwirkungen auf (lineare Wärmedehnzahlen:

$\alpha_{\text{Porzellan}} = 3{,}5 \cdot 10^{-6}$ in Grad^{-1} wobei α_{Stahl} bzw. $\alpha_{\text{Zement}} \sim$ (3- bis 4fach $\alpha_{\text{Porzellan}}$).

Zusätzlich eingefügte Magerungsmittel, elastische Zwischenlagen, wetterbeständige Abschlußschichten zur Verhinderung von Quellvorgängen durch absorbierte Feuchtigkeit konnten nicht verhindern, daß besonders bei den voluminösen Isolatortypen im Laufe der Zeit ein nicht vertretbarer hoher Prozentsatz von Porzellan-Zersprengungen Betriebsstörungen verursachte.

Das Mißtrauen gegen gekittete Isolatoren zwang schließlich zu der bereits beschriebenen Methode des Zusammenhanfens. Resonanzschwingungen der Seile führten durch Windkrafteinfluß zu Lockerungs- und Korrosionserscheinungen und gaben Veranlassung, sogenannte „Schäkel-Isolatoren" zu erproben.

Bild 5 (oben) zeigt eine Abspannkette derartiger Schäkel-Isolatoren mit starren Zwischenarmaturen. Die Isolatorenschirme stehen — wie bei einem Stützenisolator — quer zum Leitungsmast und gewähren einen vorzüglichen Regenschutz. Für Hängeketten wurden Schäkel-Isolatoren mit senkrecht stehenden Rippen verwendet oder spiegelbildlich zur Schelle angeordnete Schirme benutzt. Derartige Isolatorenketten sind absolut bruchsicher, weil die metallischen Armaturen (Mittelbolzen und Außenschelle) selbst bei völliger Absplitterung des Isolierkörpers ineinandergreifen. Da ein eventueller Leistungslichtbogen direkt zwischen den Schellen brennen kann, wird die Keramik der Hitzewirkung weitgehend entzogen, das Metall hingegen auf Abbrand-Zerstörung beansprucht.

Die selbst für kurze Standzeiten des Lichtbogens erforderlichen abbrandsicheren, d.h. dicken Eisenarmaturen verteuern nicht nur die Konstruktion, sondern führten durch ihr hohes Gewicht zu einer starken Biegekraft.

[3]) Zur Bruchwertangabe der Isolatoren in kg: Nach dem SI-System charakterisiert die Basiseinheit der Masse m in kg die Tragfähigkeit, nicht die Tragkraft.

Mit eingefügten Bleihülsen gelang es, alle punkt- und linienförmigen lokalen Druckbeanspruchungen in weniger gefährliche Flächendrücke abzubauen. Vorteile bietet in diesem Zusammenhang eine elastische und bewegliche Seilschlaufenverbindung. Seit 1916 haben sich derartige Schlingenbefestigungen für 80-kV-Betriebsspannung selbst bei großen Drahtzügen ausgezeichnet bewährt.

2.7. Schlingen (-Hewlett)-Isolatoren

In Amerika wurde aus dem bekannten Abspann-Ei ein für Hochspannungsübertragungsleitungen geeigneter Schlingen-Isolator entwickelt. Er ist unter dem Namen seines Erfinders als Hewlett-Isolator bekanntgeworden. Dieser völlig kittlose Schlingen-Isolator läßt sich wegen der komplizierten Schlingen-Verbindung relativ schwierig montieren und auswechseln, hat aber hohe Bruchwerte der Keramik.

Leider sind die in der Größenordnung 4500 kg liegenden Maximalwerte technisch nicht voll nutzbar, weil die Zerreißfestigkeit der Seilverbindungen niedriger liegt. Bei gekreuzter Seilführung beträgt z.B. die zulässige Last trotz der verwendeten Seilquerschnitte von 35 bis 50 mm^2 nur etwa die Hälfte der dem Isolierkörper zumutbaren mechanischen Beanspruchung.

Vergleicht man im Bild 5 (rechts unten) den Isolationsabstand a beider dargestellten Seilanordnungen in Hängelage, dann erkennt man den Vorteil einer gekreuzten Seilführung in der erzielten Verlängerung des Überschlagweges. Dadurch kann die niedrige Regenüberschlagspannung von Schlingen-Isolatoren etwas verbessert werden. Das ist notwendig, weil sonst infolge der ungünstigen elektrischen Feldform des Schlingen-Isolators frühzeitig aus den leicht entstehenden Glimmentladungen heftige Vorentladungen ausgelöst werden. Derartige Entladungen führen bei vorhandener atmosphärischer Feuchtigkeit (Morgentau, Regenwetter, Nebel) zur Entstehung salpetriger Säure und bewirken nach mehrjähriger Betriebszeit eine Entfestigung der Seilschlingen. Ein weiterer Nachteil des Schlingen-Isolators ist die unzureichende Betriebssicherheit bei Kurzschlußlichtbögen, da sie nicht abgetrieben werden, sondern von Glied zu Glied an den Keramikkörper angeschmiegt bleiben, ihn thermisch zerstören und die Seilverbindung zerschweißen.

Bild 5 (links unten) zeigt im Schnittbild den Freiraum für die Seilführung eines Schlingen-Isolators für die Abspannlage. Trotz der angeführten Nachteile ist der Hewlett-Isolator (Stückgewicht 6,2 bis 6,6 kg) in seiner Eigenschaft als Kettenisolator ein eindeutiger Entwicklungsfortschritt, zumal ab 60 bzw. 70 kV Nennspannung die bisher eingebauten Stützen-Isolatoren viel zu groß und schwer wurden. Die bequeme Anpassungsmöglichkeit des Schlingen-Isolators an unterschiedliche Freileitungsspannungen lediglich durch einfaches Zufügen weiterer Glieder, die Typeneinschränkung in der Lagerhaltung, die infolge der Reihenschaltung bedingte hohe Durchschlags- und Überschlagsfestigkeit bilden die besonders hervorzuhebenden charakteristischen Vorteile aller früherer Ketten-Isolatorentypen. Ketten-Isolatoren wurden etwa ab 1908 in Deutschland für die Abspann- sowie die Hängelage eingeführt und lösten in der Folgezeit eine Weiterentwicklung bis zum bekannten und bewährten Kappen-Isolator aus.

2.8. Kappen-Isolator

Der über Jahrzehnte und vorwiegend im Ausland verschiedentlich auch noch heute aktuelle Kappenisolator-Typ war dem Schlingen-Isolator von vornherein nicht nur elektrisch überlegen, sondern als symmetrisch aufgebauter Drehkörper auch viel leichter und billiger herstellbar.

Die flache Tellerform ermöglichte eine Verkürzung der Baulänge bei bleibender hoher Regenüberschlagspannung.

Ein in möglichst gleicher Wandstärke dimensionierter kugelförmiger Kopf begünstigte eine zweckdienliche Feldausbildung.

Die konstruktiv vorteilhaft bemessene neuartige Montageverbindung „Kappenmaul-Klöppel" einschließlich ihrer günstigen Splintsicherung ermöglichte weiterhin ein leichteres und schnelles Zusammenfügen oder Auswechseln beschädigter Einzelkappen und erwies sich durch die völlige Verdrehungsfreiheit sowie begrenzte Verstellbarkeit der Klöppelachse als sehr praktisch und funktionssicher. Nur die Befestigung des Klöppels innerhalb des Kappenkopfes gab oft Veranlassung zur Umkonstruktion. Bild 6 zeigt einige unterschiedliche Befestigungsarten. Der im Bildteil links oben befindliche Kugelkopf-Isolator ist der erste Kappenisolator mit kittloser Klöppelbefestigung. Zu diesem Zweck wurde ein bereits gesintertes kugelförmiges Porzellanhohlstück noch vor dem Brand in die Kopfhöhlung des Isolators eingebracht. Durch die Brennschwindung war eine spätere Entfernung der zur Klöppel-

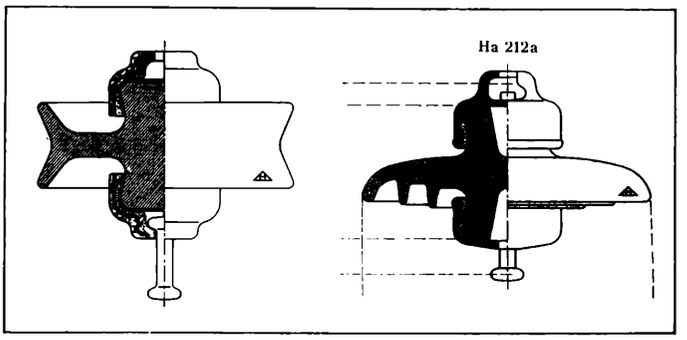


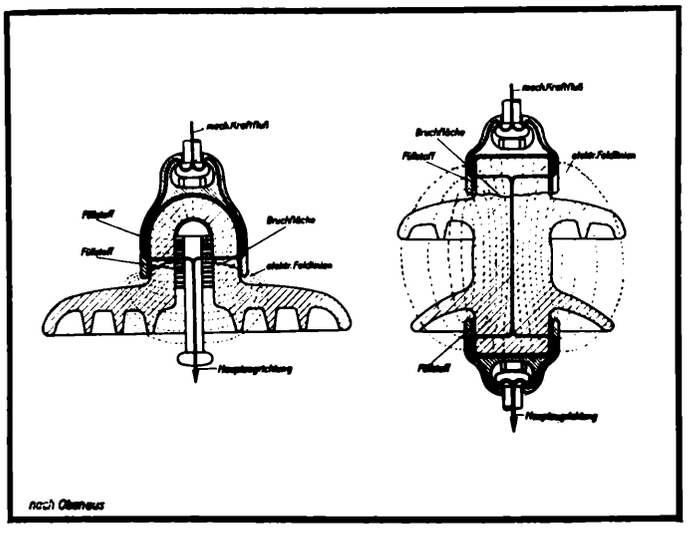
Bild 7. Doppelkappen-Hängeisolatoren

befestigung mit Schraubgewinde und Gegenmutter dienenden Einlage nicht mehr möglich. Die beste konstruktive Lösung wird bei Verwendung eines nicht treibenden bzw. schwindenden Kittes mit geeignetem thermischen Ausdehnungskoeffizienten gewährleistet (Bild 6d), da dann durch einen allseitigen Kraftschluß die Entstehungsgefahr punkt- oder linienförmiger mechanischer Druck-Überbeanspruchungen vermindert wird. Gewindeförmige Klöppelauflageflächen (Bild 6b), eingebrachte Federringe (Bild 6c) gewährleisten erfahrungsgemäß trotz zusätzlich eingefügter nachgiebiger Materialien (Stoffeinlagen, Bleilegierungen) kein über Jahre hinaus zuverlässiges Betriebsverhalten, da durch die Formgebung und Brennschwindung unvermeidliche Maßabweichungen des Porzellans entstehen. Im Bemühen um eine mechanisch einwandfreie Isolatorenbefestigung entstanden die „Doppelkappen"-Hängeisolatoren (Vollkernisolatoren, Bild 7). Sie leiten eine neue Etappe im Freileitungs-Isolatorenbau ein.

2.9. Vollkern-Isolatoren

Im Jahre 1919 wurden die ersten Vollkern-Isolatoren unter dem Namen „Motor-Isolator" bekannt. Dieser neuartige Isolatorentyp erhielt seine Bezeichnung nach dem ersten Herstellerwerk, der „Motor-Columbus AG" in Baden (Schweiz). Seine Formgebung widersprach allen bisher geltenden Gesetzen, doch rechtfertigten die Betriebserfahrungen sowie die ungewöhnlichen technischen und ökonomischen Vorteile die mutige Konstruktion. Durch diesen neuartigen Isolatortyp konnte der Beweis geführt werden, daß nicht nur auf „Druck" beanspruchte Keramik, sondern auch die mechanisch auf „Zugkraft" beanspruchten Isolatoren bei richtiger Dimensionierung ein funktionssicheres Dauerverhalten haben. Das mit dieser neuen Bauweise ein elektrisch nicht durchschlagbarer Isolatorentyp (Bild 8, rechts) geschaffen wurde, ist für die Entwicklungsgeschichte der Freileitungs-Isolatoren von besonderer Bedeutung. Selbst bei direkten Blitzeinschlägen in den Leitungszug kam es lediglich zu Schirmabsprengungen und Schmelzwirkungen auf den Tempergußkappen. Durch eine gesteuerte Brandführung des Sinterprozesses sowie durch sorgfältige Abkühlung nach dem Brand gelang es, sowohl den voluminösen Kern als auch die dünnen Schirme weitgehend von inneren mechanischen Spannungen zu entlasten, so daß der Porzellankörper allen jahreszeitlichen, d.h. oft sehr extrem hohen und niedrigen Temperaturbeanspruchungen zuverlässig Stand hielt.

Bild 8. Isolatorentypen (U_{max} = 15 kV): durchschlagbar (links); nichtdurchschlagbar (rechts)



2.10. Bahn-Isolatoren

Seit etwa 1924/1925 wurden Vollkern-Isolatoren in großer Anzahl für Übertragungsleitungen eingesetzt. Das anfängliche Mißtrauen gegen auf Zug beanspruchte Isolatoren verlor sich bald, zumal mechanische Zerreißproben beachtlich hohe Festigkeitswerte ergaben. Im Jahr 1925 erprobte die damalige Reichsbahn Vollkern-Isolatoren für die Querseilaufhängung einer elektrifizierten Strecke in einem Bahnhofsbereich. Der Strunkdurchmesser dieser Isolatoren betrug anfänglich 4,5 cm und wurde später auf 6 cm vergrößert. Der Maximaldurchmesser des rillenförmigen Rippenprofils betrug 10 cm. Aus Gründen einer möglichst hohen Festigkeit wurde zunächst Steatit als Rohstoff eingesetzt. Der Reichsbahn-Rillen-Isolator befriedigte in der quer verlaufenden Abspannlage (Bild 9, links), hatte jedoch in der senkrechten Hängelage erheblich niedrigere Überschlagwerte. Durch eine verbesserte Schirmformgebung mit Tropfkanten (Bild 9, Mitte) konnte der Kriechweg vergrößert und die Bildung zusammenhängender Benetzungsflächen unterbunden werden. Nach Vergrößerung des ersten und letzten Schirmes (Bild 9, rechts) wurde schließlich ein Vollkern-Isolator geschaffen, der selbst erschwerten Betriebsbedingungen, so z.B. einer Fahrleitungsspannung von 20 kV unter gleichzeitigem Dampfbetrieb voll gewachsen war. Isolatoren dieser Typen waren für einen Fahrdrahtzug von 1000 kg vorgesehen, hatten einen Mindestbruchwert von 4800 kg und wurden vor dem Einbau einer Stückprüfung von 3500 kg über einen Zeitraum von 1 min unterzogen.

2.11. Metallschirm- und Sonder-Isolatoren

Bereits im Jahr 1906 wurde von der Porzellanfabrik Hermsdorf (Thür.) der erste Metallschirm-Isolator angeboten.
Der metallische Schirm bildet eine Äquipotentialfläche und gewährleistet eine gute Feldverteilung auch bei Regen. Im Bild 10 sind einige Typen mit unterschiedlicher Formgebung des Metallschirmes dargestellt. Sie haben sich auf die Dauer nicht bewährt. Neben Korrosionszerstörungen und Transportverbeulungen war auch der Herstellungspreis nicht rentabel.
Sonderisolatoren verschiedener Formgebungen mußten für Gebiete mit starkem Schmutzanfall entwickelt werden, um eine Beeinträchtigung des Isolationsverhaltens bei atmosphärischer Schmutzablage auf den Oberflächen zu verhindern. Während die Oberseiten der Isolatoren durch den gut zugängigen Windangriff und Regenzutritt, d.h. durch regelmäßige Selbstreinigung meist relativ sauber blieben, fand man oft fest anbackenden Schmutz an der Unterseite sowie in den zwickelförmigen Schirmhohlkehlen. Hygroskopische Ablagerungen waren dort besonders gefährlich, da sie Ausgangspunkt unerwünschter elektrischer Entladungen wurden und zu Betriebsstörungen führten. Sie verteuerten die Unterhaltung einer Hochspannungsleitung beträchtlich, weil in Industriegebieten eine wiederholte Säuberung bei abgeschalteter Spannung erforderlich wurde. Die ebenfalls im Bild 10 dargestellten Sonder-Isolatoren mit möglichst großer Oberfläche und langem Kriechweg bzw. mit einer günstigen, die Selbstreinigung fördernden Formgebung sollten ein besseres Betriebsverhalten erzielen. Sie haben sich nicht bewährt. Nur der mit 3 Schirmen versehene Kappen-Isolator konnte seine eindeutige Überlegenheit über alle bekannt gewordenen Kappenisolatorentypen selbst bei ungünstigen atmosphärischen Beanspruchungen z.B. bei verschmutzter Oberfläche und gleichzeitig einwirkendem starken Nebel bis in die Gegenwart bewahren.

2.12. Langstab-Isolatoren

Die Energienetze der DDR sind seit Jahrzehnten vorwiegend mit Langstabisolatoren bestückt. Die zugesicherten Mindestbruchlasten derartiger Vollkernisolatoren-Anordnungen betrugen z.B. im Jahr 1957 bei Betriebsspannungen von 60 kV (Einzelelement) bis 400 kV (Reihenschaltung) je nach Typ und Strunkdurchmesser 6,2 bis 12 t. Besonders interessant ist ein Gewichtsvergleich aus dieser Zeit und zwar zwischen einer Isolatorenkette der früher üblichen — leider elektrisch durchschlagbaren — Kappen-Isolatoren mit einer äquivalenten Isolationsanordnung aus nicht durchschlagbaren Vollkernisolatoren. So wiegt z.B. eine 380-kV-Kette aus 21 Kappenisolatoren des Typs K3 — mit Lichtbogenschutzarmaturen — rund 170 kg; das Gewicht der isolationstechnisch analogen Reihenschal-

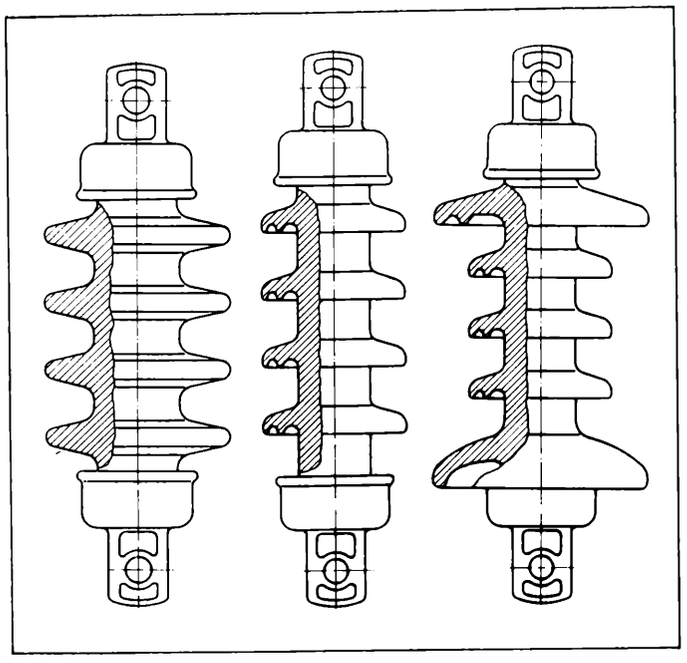


Bild 9. Stab-Isolatoren für elektrische Bahnen

tung von 3 Langstabisolatoren des damaligen Vorzugstyps L 75/14 (75 mm Strunkdurchmesser; 14 Porzellanschirme) — ebenfalls mit Lichtbogenschutzarmaturen bestückt — beträgt hingegen nicht ganz 100 kg. Das sind über 40 % Gewichtseinsparung.

Langstab-Isolatoren in Reihenschaltung haben konstruktiv einfache, preislich billige sowie sehr wirksame Lichtbogenschutzarmaturen: sie neigen nicht zu den bei Kappen-Isolatoren gefürchteten Kaskadenlichtbögen. Kurzschluß- oder Erdschlußlichtbögen werden durch elektrostatische und elektromagnetische Richtwirkungen der „Schutz"-Armaturen leistungsproportional abgedrängt. Folglich gibt es keine festigkeitsmindernde Isolatorbeschädigungen durch Lichtbogenhitze.

Bild 11 zeigt Langstab-Isolatoren verschiedener Formgebungen und informiert über Möglichkeiten der mechanischen Armaturbefestigungen (3., 4. und 5. Ausf.). Langstab-Isolatoren stehen im Kombinat Keramische Werke im Mittelpunkt intensiver wissenschaftlicher Untersuchungen; das belegen zahlreiche Veröffentlichungen. Zielsetzung der Forschung sind:

— Optimierte Formgestalt der Isolatorenschirme zwecks Verbesserung ihrer aerodynamischen Eigenschaften; angestrebt wird eine wirksamere Selbstreinigung nach erfolgter Verschmutzung insbesondere beim langzeitlichen Ausbleiben von Regenniederschlägen

— Untersuchungen des Isolationsverhaltens von Langstab-Isolatoren bei extremen Salzverkrustungen

— Deutung der auftretenden Effekte und Bewertung des Stehvermögens der Isolation bei künstlicher Vereisung.

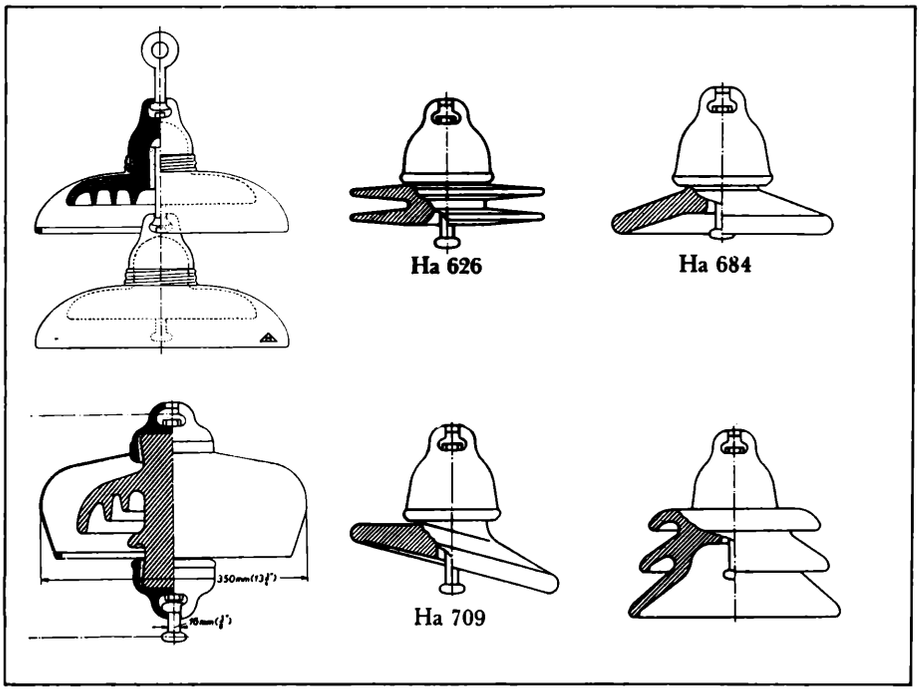
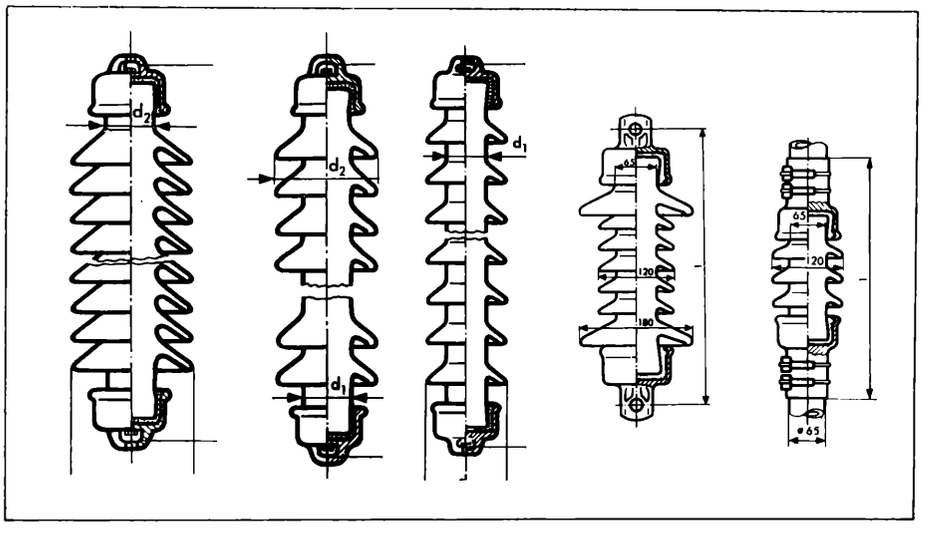


Bild 10. Sonder-Isolatoren gegen Verschmutzungsüberschläge Metallschirm-Isolatoren (links)

Bild 11. Langstab-Isolatoren



3. Über den Nutzen entwicklungsgeschichtlicher Betrachtungen

Als vor 100 Jahren die ersten Porzellanisolatoren entworfen wurden, konnte man weder auf Erfahrungen noch auf eine bewährte Technologie zurückgreifen; die Empirie wurde anfänglich zur Methode. Heute wie damals handelt es sich bei der Weiterentwicklung von Freileitungs-Isolatoren um die Beherrschung des funktionellen Zusammenwirkens fester (Isolator), flüssiger (Regenniederschläge) und gasförmige (atmosphärische Luft) Stoffe. Der Freileitungs-Isolator wird nach wie vor gleichzeitig, jedoch nicht gleichmäßig beansprucht. Im Störungsfall kommt es nach dem Überschreiten einer kritischen Feldstärke zur fortgesetzten, oft folgenschweren Änderung der elektrischen Feldausbildung, zu Ionisationsprozessen, Gleitentladungen und Teil- bzw. Vollüberschlägen, die im allgemeinen unstetig verlaufen.

In diesem Zusammenhang überzeugt der Werdegang der Freileitungs-Isolatoren von der befristeten Gültigkeit des jeweilig erreichten Standes der Technik; die Fülle der bis zum Jahr 1890 zurückreichenden zeitgemäßen Informationen — vielfach aus anonymen Firmen-Prospekten gewonnen — ermöglicht keine namentliche Würdigung der vielen am Erkenntnisgewinn beteiligten Autoren: die vorliegende Darlegung hat somit einen chrestomatischen Charakter[4]) und beweist, daß nur der respektvolle Umgang mit den oft bitteren Erfahrungen und den wertvollen Erkenntnissen älterer Ingenieur-Generationen die heutige Wiederholung früher erkannter Fehler sicher ausschließt.

Fundierte und zielgerichtete Rückblicke auf vorhandene Erfahrungsgut und eine kooperative Zusammenarbeit zwischen Hochspannungstechnikern, Keramikern und Physikern förderte die weltweit anerkannte — seit jeher den Stand der Technik mitbestimmende — Freileitungs-Isolatorenproduktion im Verband des Kombinates VEB Keramische Werke Hermsdorf. EA 6116

[4]) Chrestomatie (grch.): Auswahl, Blütenlese aus Schriftstellerwerken als Musterbeispiel für Unterrichtszwecke

Elektronenstrahlmikroanalyse (ESMA) bei Durchriebprüfungen an funktionellen Edelmetallschichten[1)]

Helga Berndt; G. Bär, KDT; Freiberg

Mitteilung aus dem VEB Bergbau- und Hüttenkombinat „Albert Funk" Freiberg, Direktionsbereich Forschung

Verwendete Abkürzungen

ESMA	Elektronenstrahlmikroanalyse
FR	Reibkraft
HF	Hochfrequenz
LM	Lichtmikroskopie
PE	Primärelektronen
REM	Rasterelektronenmikroskopie
SE	Sekundärelektronen
gal	galvanisch abgeschieden

In zunehmendem Maße werden Rasterelektronenmikroskopie (REM) und Elektronenstrahlmikroanalyse (ESMA) bei Verschleißuntersuchungen eingesetzt [1] bis [12]. Nachfolgend werden Fragen der Durchriebbestimmung, der Reibspursondierung und der routinemäßigen Durchmusterung von funktionellen Edelmetallschichten für Steckverbinder-Bauelemente behandelt.
Aus dem Wirkprinzip des Steckkontaktes folgt, daß seine Gebrauchseigenschaften unter den Bedingungen der informatorischen Elektrotechnik primär durch mechanischen und korrosiven Verschleiß an der Kontaktstelle, dem tribochemische Vorgänge zusätzlich überlagert sein können, beeinflußt werden. Dieser Tatsache wird durch den Einsatz von funktionellen Schichtverbunden Rechnung getragen, die die geforderten Kontakteigenschaften bei minimalem Edelmetallaufwand gewährleisten [13] [14]. Mitwirkende Voraussetzungen für Entwicklung und Einsatzoptimierung solcher Verbunde sind Durchriebprüfungen am kompletten Sandwichsystem und an deren Einzelschichten (Komponenten). Diese Untersuchungen sind von der Prüfstrategie her „Suchprobleme" mit zwei grundsätzlichen Aufgabenstellungen: Analyse und Quantifizierung (Ermittlung) sowie Vergleich und Bewertung (Qualimetrie) tribologischer Eigenschaften von Schichten und Verbunden unter „Modellbedingungen" [15] [23].

1. Konventionelle Methoden zur Durchrieberkennung

Meßgrößen bei Durchriebprüfungen sind u.a. die Durchriebzeitpunkte der Schicht oder einzelner Komponenten [11] [12] [15] bis [17]. Die exakte Bestimmung des Durchriebzeitpunktes in einer Reibspur ist dabei nicht unproblematisch. Visuelle Reibspurkontrollen (Farb- und Topographieunterschiede in der Spur), Lichtschnitt- und Tastschnittverfahren liefern wegen meist regelloser Reibspur-, Längs- und Quertopographie nur sehr unsichere Ergebnisse [18]. Praktiziert wird die Durchriebbestimmung an Hand von systematischen Reibkraft(FR)-Veränderungen. Die Reibwerte zwischen den Schichtkomponenten bzw. dem Trägermaterial und dem Reibkörperwerkstoff werden u.a. durch molekulare Reibkraftkomponenten bestimmt (binomisches Reibwertgesetz [19]). Sie unterscheiden sich im allgemeinen signifikant und bewirken beim sukzessiven Einrieb in den Verbund Übergänge auf unterschiedliche, stationäre Reibkraftniveaus. Im Idealfall erfolgen die Übergänge sprungartig (Bild 1a). An realen Schichten treten mehrere Effekte auf, die Reibkraftsprünge vortäuschen, „verschleifen" oder ihr Erkennen erschweren (Bild 1b):

— Episodische oder zufällig auftretende, geometrisch bedingte oder durch Verschleißpartikel hervorgerufene Reibkraftirregularitäten
— systematische (langsame) Reibkraftveränderungen infolge von geometrischen Veränderungen an der Kontaktstelle
— zu geringe Reibkraftunterschiede zwischen den Schichtkomponenten
— stochastischer Charakter des Durchriebvorgangs: zeitlicher und örtlicher Beginn des Durchriebs sowie die Zeitdauer, nach der die gesamte Spur erfaßt ist, sind Zufallsprozesse.

Die zweifelsfreie Feststellung des Ereignisses „Schichtkomponente ist durchgerieben" kann als Problem technischer Zustandserkennung nach dem Selektionsprinzip „Existenzprüfung" [20] aufgefaßt werden. Die Signalstruktur ist in Form des Reibkraftverlaufs bekannt, der Prüfer hat die Aufgabe, die Existenz oder Nichtexistenz des Zustands „Durchrieb ja/nein" im betrachteten Zeitpunkt festzustellen.
Wegen der oben genannten „Störeffekte" ist die Durchriebidentifizierung allein an Hand des FR-Verlaufs nicht immer möglich. Es müssen andere Signale herangezogen werden. Dazu können die lokalen Methoden LM, REM und ESMA eingesetzt werden. Tafel 1 stellt laterale Auflösung und Informationstiefe (Tiefe des Bereichs, aus dem der Hauptanteil der Informationen stammt) dieser Methoden, der Durchriebprüfung und der Mikrohärtemessung zusammen [10]. Die ESMA hat im Hinblick auf das oben formulierte Erkennungsproblem den Vorzug, daß die interessierenden Reibspurbereiche auch auf ihre qualitative Elemente-Verteilung analysiert werden können. Dadurch ist die Durchriebidentifizierung überhaupt erst möglich.

2. Reibspursondierung und Durchriebidentifizierung mit ESMA

Im BHKF stehen für Verschleiß- und ESMA-Untersuchungen eine Kontaktverschleißapparatur [11] [12] [15] bis [17] und die Mikrosonde SEMQ (Fa. ARL, USA [1] [2]) zur Verfügung.
Auf Möglichkeiten und Probleme bei der Durchriebidentifizierung mit der Mikrosonde wird im folgenden eingegangen.

2.1. Abbildung der Reibspur

Für Reibspurdurchmusterungen großen Umfangs bietet sich die Abbildung mit Sekundärelektronen (SE) an. Aus der Sicht des Verschleißprüfers sollte die abgerasterte Fläche möglichst groß sein, um einen großen Reibspurbereich zu erfassen. Jedoch treten bei zu kleiner Vergrößerung $< (300:1)$ aus gerätetechnischen Gründen am Rand Unschärfen auf [Bild 3a, rechts und links oben].

2.2. Reibspurtopographie und Bildkontrast

Topographieunterschiede erzeugen in SE-Bildern Kontraste [21] [22] (Bild 3a). In Abhängigkeit von der Mikrogeometrie der Spur verändert sich der Winkel zwischen Primärelektronenstrahl und der Objektoberfläche (Bild 2). Dadurch ändert sich der Weg der Primärelektronen (PE) durch die oberflächennahe Schicht d (≈ 10 nm), aus der SE emittiert werden können, und damit die Ausbeute an SE (Flächenneigungskontrast, Bild 2a). In Vertiefungen und an Kanten diffundiert ein Teil der SE in Abhängigkeit vom Austrittswinkel der SE in den Festkörper zurück und wirkt in der Abbildung wie ein Beleuchtungsschatten (Abschattungskontrast,

Tafel 1. Laterale Auflösung und Informationstiefe ausgewählter Charakterisierungsmethoden für funktionelle Edelmetallschichten, vgl. [10]

Methode	laterale Auflösung	Informationstiefe
LM	$\geqq$ 1 µm	wenige nm
REM	$\geqq$ 10 nm	5···50 nm
ESMA	1···3 µm	1···3 µm
Durchriebprüfung		
Schicht:		
Reibspurbreite	$\leqq$ 0,5 mm	5···20 µm
Reibspurlänge	$\leqq$ 30 mm	
Reibkörper:		
Durchmesser der nominellen Kontaktfläche	$\leqq$ 0,5 mm	
Mikrohärte	2···30 µm	2···10 µm

Die Angaben zur Durchriebprüfung beziehen sich auf die Ebene (Probe)-Halbkugel (Reibkörper)-Prüfmaschine im VEB Bergbau- und Hüttenkombinat „Albert Funk" Freiberg [12] [16] [17]

Dr. rer. nat. *Helga Berndt* ist Ingenieur für Forschung und Entwicklung; Dr.-Ing. *Gerd Bär* ist Gruppenleiter in der Haupttechnologie Werkstoffe und Verarbeitung des VEB Bergbau- und Hüttenkombinat „Albert Funk" Freiberg

[1)] Die Autoren danken Herrn Dr. sc. techn. *H.-J. Hunger*, VEB Bergbau- und Hüttenkombinat „Albert Funk" Freiberg, für wertvolle Hinweise und Anregungen und das fördernde Interesse an dieser Arbeit.

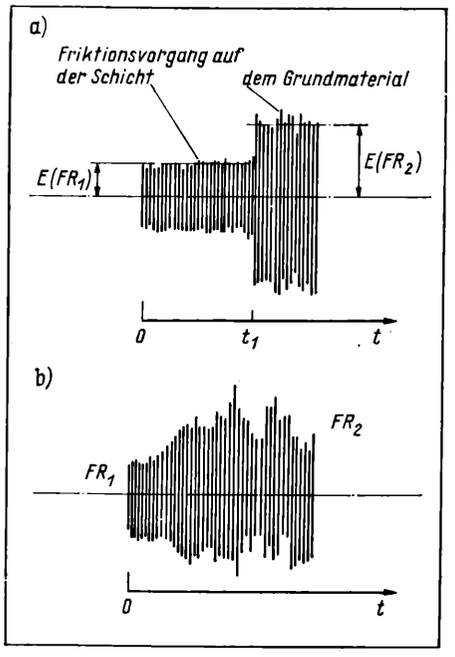


Bild 1
Reibkraftverlauf bei Durchriebvorgängen (schematisch)
a) Paarung E-Cu 99,9 gal Au 0,2 µm gegen AuAg20Cu10
b) Paarung E-Cu 99,9 gal Pd 1,8 µm gegen AgPd30
$E(FR_1)$ Erwartungswert der Reibkraft der Schicht gal Au 0,2 µm;
$E(FR_2)$ Erwartungswert der Reibkraft des Grundmaterials E–Cu nach Durchrieb der Schicht; t Zeit; t_1 Durchriebzeitpunkt
(oszillierende Reibbewegung, deshalb „positive" und „negative" Reibkräfte entsprechend der Bewegungsrichtung des Reibkörpers auf der Probe)

Bild 2b). Hervortretende Kanten und Spitzen erscheinen in der Abbildung besonders hell, weil hier eine erhöhte Sekundärelektronenemission registriert wird (Kanteneffekt, Bild 2c).
Darüber hinaus können Kontraste durch die Verteilung der Elemente bewirkt werden, denn die Sekundärelektronenausbeute (= mittlere Zahl der je PE ausgelösten SE) hängt von der Primärenergie und dem Material ab (Materialkontrast) [1]. Probenbereiche, die Elemente mit höherer Ordnungszahl Z als die Umgebung enthalten, erscheinen heller als Nachbarbereiche (Bild 3a): Au-Schicht ($Z = 79$) am rechten Bildrand hell, Ni-Schicht ($Z = 28$) in Bildmitte dunkel.

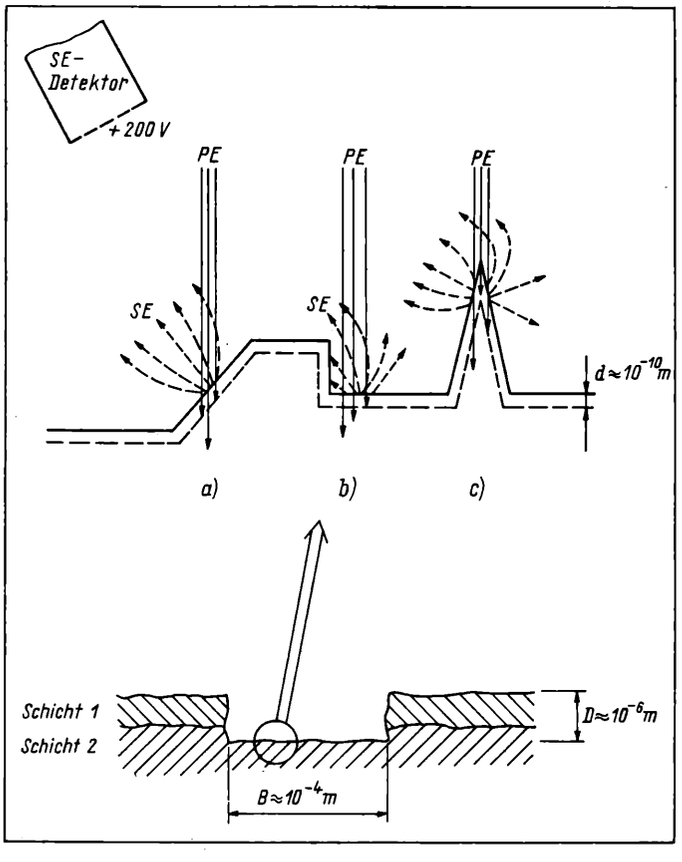


Bild 2. Entstehung des Kontrastes im SE-Bild als
a) Flächenneigungskontrast; b) Abschattungskontrast; c) Kanteneffekt, dargestellt an einem Sandwichsystem mit den Schichten 1 und 2, deren Dicke D im µm-Bereich liegt;
d oberflächennahe Schicht, aus der SE austreten; B Reibspurbreite

2.3. Nachweis des Durchriebs

Die Identifizierung von einzelnen Durchriebstadien erfolgt mit Röntgenrasterbildern (Bilder 3b bis 3e).
Durch synchrone Abrasterung von Probe und Bildschirm erreicht man eine ortsabhängige Darstellung der Röntgenemission. Auf diese Weise entsteht ein Bild mit einer Vielzahl von Punkten, deren Dichte ein Maß für die Konzentration der entsprechenden Elemente ist.
Die Reichweite der PE im Festkörper ist von Dichte, Ordnungszahl und der Energie der PE abhängig. (Als Reichweite wird die Tiefe im Festkörper bezeichnet, bis zu der die PE die Strahlung des betrachteten Elements anregen können.) Das bedeutet, daß Schichtkomponenten, deren Dicke kleiner als die Reichweite der PE ist, „durchschossen" und Bereiche der darunter liegenden Schicht angeregt werden.
Bei einer Primärenergie von 20 keV betragen beispielsweise die Reichweiten in Au $\approx 0{,}7$ µm, in Pd, Ni und Cu ≈ 1 µm [1].
Aufgrund dessen werden Durchriebe vorgetäuscht, wenn PE partiell abgetragene Schichtkomponenten durchdringen und die darunter liegende Schicht anregen. Diese Gefahr der Fehldeutung kann durch Auswertung der Röntgenrasterintensitäten sowohl der stehengebliebenen Restschicht als auch der darunter befindlichen Komponente ausgeschlossen werden.

3. Voraussetzungen für routinemäßige Vielzahluntersuchungen mit ESMA

Routine- und Vielzahluntersuchungen mit der Mikrosonde sind in Hinblick auf die Durchriebidentifizierung an mehrere Voraussetzungen gebunden:

1. Rotationssymmetrische Kontaktanordnungen können nicht oder nur nach Demontage (z.B. einzelne Buchsenlamellen von HF-Steckverbindern) und Stift-Buchse-Kontakte nur mit Einschränkungen untersucht werden. Daraus folgt, daß in der Phase der Werkstoff- und/oder Galvanikentwicklung die zu prüfenden Schichten auf ebene Probenträger abgeschieden werden müssen. Damit ist gleichzeitig ein Erfordernis der Kontaktverschleißapparatur erfüllt [8] [9].

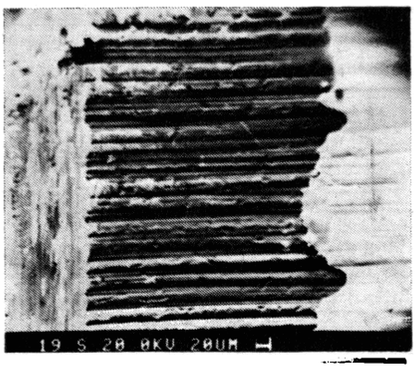
2. Für Untersuchungen mit der Mikrosonde SEMQ dürfen die Probenflächen 60 mm × 70 mm und die Probenhöhe 40 mm nicht überschreiten.

3. Die Verschleißproben müssen frei von Fettschichten und Schmierstoffen sein, um das Gasen in der Vakuumkammer (Arbeitsdruck $\approx 10^{-4}$ Pa) sowie elektrostatische Aufladungen zu vermeiden. Sie können die Bildentstehung beeinträchtigen und die Messung unmöglich machen. Vorherige Probenreinigung kann notwendig sein.

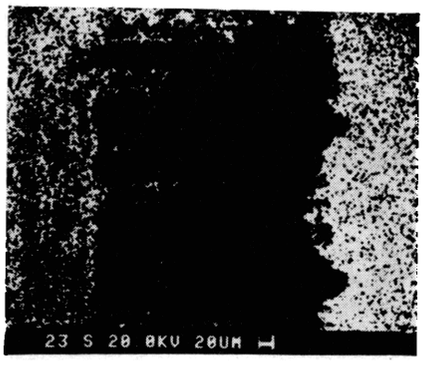
4. Zweckmäßig ist die Zusammenfassung der Verschleißproben nach geometrischen und werkstoffmäßigen Gesichtspunkten (z.B. elektrochemisch beschichtet oder plattiert, mit und ohne Zwischenschichten) mit dem Ziel, vorbereitende Arbeiten an der Mikrosonde zu minimieren.

5. Bei der Durchriebidentifizierung steht die qualitative Analyse der Reibspur im Vordergrund. Der hohe Zeit- und Softwareaufwand für quantitative Untersuchungen (z.B. Gewährleistung der Strahlstromkonstanz, Einhaltung geometrischer Parameter, längere Meßzeiten, Berücksichtigung von Korrekturformalismen, Speicherung der Meßergebnisse [1] [20]) entfällt.

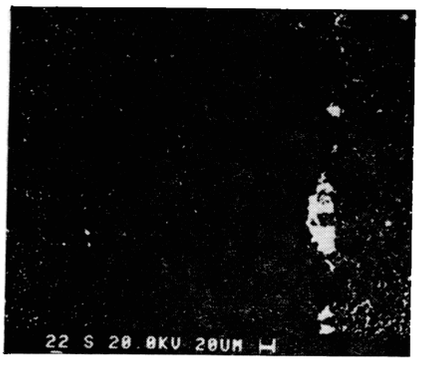
Die Bilder 3a bis 3e zeigen SE- und die zugehörigen Röntgenrasterbilder eines Reibspurausschnittes an Blech CuSn6 gal Ni4Pd2 Au0, 15 (Zahlenangaben: Schichtdicken in µm), die in beschriebener Weise gewonnen wurden.
Au ist fast vollständig ab- und Pd bis auf Randbereiche durchgerieben, im Reibspurgrund liegt Ni frei, beginnender Durchrieb auf CuSn6 ist im Teilbild 3e links oben erkennbar.



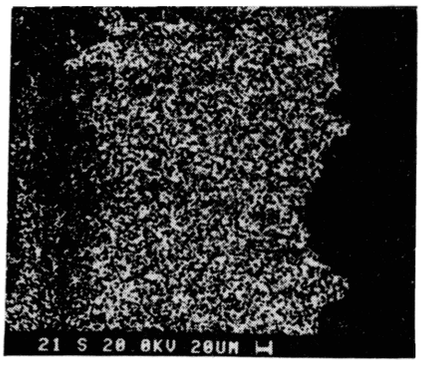
a) SE-Bild, Pfeil Bewegungsrichtung des Reibkörpers (oszillierend)



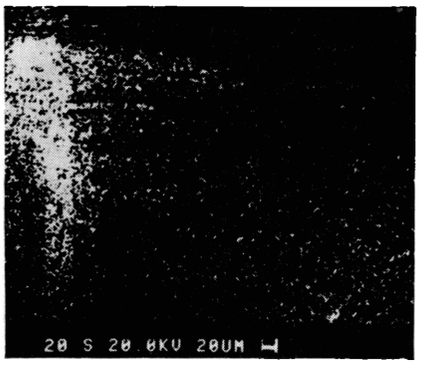
b) Röntgenrasterbild der Au-Mα-Linie



c) Röntgenrasterbild der Pd-Lα-Linie



d) Röntgenrasterbild der Ni-Kα-Linie



e) Röntgenrasterbild der Cu-Kα-Linie

Bild 3. Ausschnitt aus einer Reibspur auf CuSn6 gal Ni4Pd2Au0, 15 gegen AuAg20Cu10 nach etwa 3000 Übergleitungen

4. Zusammenfassung

Die ESMA ist notwendiger Bestandteil von Verschleiß- und Durchriebprüfungen in der modernen Kontaktwerkstoff- und Schichtentwicklung. Wegen des relativ hohen Preises von Mikrosondenuntersuchungen (etwa 200 M/h) sollten zunächst ebenfalls brauchbare, aber billigere Methoden, wie Lichtmikroskopie oder REM, bevorzugt werden, ehe in Zweifels- oder Sonderfällen Reibspursondierungen größeren Umfangs und der Nachweis des Durchriebs mit ESMA erfolgen. Sorgfältige Vorbereitung der Sonde, zweckmäßige Probenauswahl und Klarheit über die gewünschte Art der Ergebnisse sind Voraussetzungen für eine rationelle und zweifelsfreie Durchriebidentifizierung auch bei größeren Prüfumfängen.

Literatur

[1] *Brümmer, O.* (Hrsg.): Mikroanalyse mit Elektronen- und Ionensonden. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1977

[2] *Hunger, H.-J.* (Hrsg.): Ausgewählte Untersuchungsverfahren in der Metallkunde. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1983

[3] *Frey, H.;* u.a.: Verschleißuntersuchungen mit dem Rasterelektronenmikroskop. Praktische Metallographie, Stuttgart 9 (1972) 4, S.187–197

[4] Oberflächentechnik und Tribologie. Metalloberfläche, München 32 (1978) 3, S.143–147

[5] *Graichen, H.:* Rasterelektronenmikroskopie zur Qualitätssicherung bei Steckverbindern. radio, fernsehen, elektronik, Berlin 30 (1981) 6, S.369–374

[6] *Hornung, E.:* Möglichkeiten zur Untersuchung verschleißbeanspruchter Oberflächen. Schmierungstechnik, Berlin 13 (1982) 3, S.72–76

[7] *Pohl, M.;* u.a.: REM-Untersuchungen zum Verschleißverhalten von Werkstoffen. Praktische Metallographie, Stuttgart 20 (1983) 1, S.2–20

[8] *Nittel, J.;* u.a.: Diagnose von Verschleißzuständen mit Hilfe der Rasterelektronenmikroskopie. Schmierungstechnik, Berlin 14 (1983) 7, S.196–198

[9] *Sieber, I.;* u.a.: Charakterisierung des Grenzschichtverhaltens von Metalldialkyldithiophosphaten unter Reibbedingungen. Schmierungstechnik, Berlin 14 (1983) 10, S.299–306

[10] *Oettel, H.;* u.a.: Charakterisierung nitridhaltiger Schichten. Schmierungstechnik, Berlin 17 (1986) 2, S.36–40

[11] *Bär, G.;* u.a.: Tribologische Untersuchungen am Au-Flash von Steckverbinderkontakten. VIII. Kontakttagung der DDR 19. bis 21. Mai 1987, TU Karl-Marx-Stadt, S.198–201

[12] *Bär, G.;* u.a.: Werkstoff- und tribologische Eigenschaften von dünnen Deckgoldschichten aus dem Goldlegierungselektrolyten 1300 HS für Steckverbinderkontakte. Schmierungstechnik, Berlin 19 (1988) 4, S.100–103 und 6, S.174 bis 177
Bär, G.; u.a.: Werkstoff- und tribologische Eigenschaften von galvanischen Nickel/Palladium/Gold-Schichtverbunden für Steckverbinder-Kontakte. Schmierungstechnik, Berlin 20 (1989) 8, S.245–247 und 9, S.265–271

[13] *Rühlicke, D.;* u.a.: Galvanische Schichtverbundwerkstoffe auf Palladiumbasis für Steckverbinderbauelemente. Neue Hütte, Leipzig 32 (1987) 2, S.77–80

[14] *Rühlicke, D.;* u.a.: Nickel/Palladium/Gold – ein materialökonomischer Schichtverbundwerkstoff für Steckverbinderbauelemente hoher Zuverlässigkeit. Metall, Berlin (West) 41 (1987) 7, S.713–719

[15] *Koch, M.;* u.a.: Die qualimetrische Eigenschaftsbewertung von Kontaktwerkstoffen, Halbzeugen und funktionellen Schichten für Schwachstromanwendungen. Teil 1: Prüftechnik. Wie [11], S.117–121

[16] *Schiff, K.-L.;* u.a.: Prüfung des Kontaktverhaltens von galvanisch abgeschiedenen Schichten (I). Metalloberfläche, München 32 (1978) 10, S.423–429

[17] ELCONTEST-Programm. Firmenschrift PK-D10, W. C. Heraeus GmbH, Hanau (BRD)

[18] *Keil, A.;* u.a.: Verschleißfestigkeit verschiedener galvanischer Niederschläge für elektrotechnische Anwendungszwecke. Metall, Berlin (West) 32 (1978) 4, S.352–355

[19] *Kragelski, I. W.;* u.a.: Grundlagen der Berechnung von Reibung und Verschleiß. Berlin: VEB Verlag Technik 1982

[20] *Glaser, W.:* Selektionsprinzipien in und außerhalb der Technik. radio, fernsehen, elektronik, Berlin 32 (1983) 7, S.415–417

[21] *Bethge, H.;* u.a.: Elektronenmikroskopie in der Festkörperphysik. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1982

[22] *Reimer, L.;* u.a.: Rasterelektronenmikroskopie. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag 1977

[23] *Bär, G.;* u.a.: Qualimetrische Eigenschaftsbewertung von Edelmetall-Kontaktwerkstoffen und -Halbzeugen für Schwachstromanwendunge. Teil 1: ELEKTRIE, Berlin 41 (1987) 7, S.264–266; Teil 2: 42 (1988) 7, S.260–263

EA 5902

Berechnung der stationären Strom-Spannungs-Verhältnisse in Drehstromanlagen mit Induktions-Tiegelöfen

G. Herold, KDT, Nordhausen

Verwendete Formelzeichen

$\underline{a}$	komplexer Drehoperator [exp (j 2 π/3)]
B_{nq}	Blindleitwert zwischen den Leitern n und q
c	Spannungsbeiwert nach TGL 200-0604 für die Kurzschlußstromberechnung
$\underline{D}$, $\underline{D}'$, $\underline{D}''$	komplexe Hilfsgrößen
$f_{m,g}$	Phasenverschiebungswinkel zwischen Mitspannung und -strom bzw. Gegenspannung und -strom
G_{nq}	Wirkleitwert zwischen den Leitern n und q
i_n	Momentanwert des Stroms im Leiter n
i_{nq}	Momentanwert des Stroms im Zweig zwischen den Leitern n und q
$\underline{i}$	Raumzeiger der Leiterströme
$\underline{i}_\Delta$	Raumzeiger der Ströme im Abnehmerdreieck
$\underline{I}_{n,nq}$	komplexer Strom
$\underline{I}_m$	Mitkomponente der Leiterströme
$\underline{I}_g$	Gegenkomponente der Leiterströme
k	Index zur Kennzeichnung eines Kurzschlußstroms
λ	Leistungsfaktor
P_w	Wirkleistung
P_S	Scheinleistung
P_b	Blindleistung
P_{bf}	Verschiebungsblindleistung
P_{bu}	Unsymmetrieblindleistung
t	Zeit
$\underline{U}_m$	Mitkomponente der Leiterspannungen
$\underline{U}_g$	Gegenkomponente der Leiterspannungen
$\underline{U}_{pm,g}$	Leerlaufspannung im Mit- bzw. Gegensystem
$v_{a,b,c}$	Größen eines Dreiphasensystems allgemein
$\underline{v}$	Raumzeiger allgemein
v_0	Nullgröße allgemein
$\underline{v}_{m,g}$	Mit- bzw. Gegenkomponente allgemein
w	Betriebskreisfrequenz
$\underline{Y}_{nq}$	komplexer Leitwert zwischen den Leitern n und q
$\underline{Y}_{A,B,S}$	komplexe Leitwerte als Hilfsgrößen
$\underline{Z}_{m,g}$	Mit- bzw. Gegenimpedanz des Drehstromnetzes an den Klemmen der Symmetriereinrichtung
*	hochgestellt zur Kennzeichnung einer konjugiert komplexen Größe

Induktions-Tiegelöfen treten immer häufiger als Elektroenergieabnehmer in Industriebetrieben auf. Sie werden als Wechselstromabnehmer über eine Symmetriereinrichtung und einen stellbaren Ofentransformator an ein Drehstromnetz angeschlossen. Die Prinzipschaltung ist im Bild 1 dargestellt. Die Verbindung zwischen der Symmetriereinrichtung und dem Ofen wird über eine Wechselstrom-Hochstromschiene vorgenommen, die gleichzeitig als Anschlußmöglichkeit für Kondensatorgerüste zur Blindleistungskompensation dient.

Mit dem zunehmenden Einsatz derartiger Öfen entsteht sowohl im Stadium der Projektierung von Elektroenergieanlagen als auch bei der Betriebsführung das Bedürfnis, die stationären Strom-Spannungs-Verhältnisse bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen (z.B. Normalbetrieb bei ideal abgestimmter Symmetrierung und Kompensation, Normalbetrieb bei Ausfall von Betriebsmitteln der Symmetrier- und Kompensationseinrichtung, Kurzschluß der Hochstromschiene) berechnen zu können. Dazu soll mit diesem Aufsatz ein Beitrag geleistet werden.

1. Gleichungen zur Berechnung der Strom-Spannungs-Verhältnisse

Bei der Ableitung der Berechnungsgleichungen werden die Symmetrischen Komponenten und Raumzeiger angewendet. Der Raumzeiger eines Dreiphasensystems ist eine komplexe Zeitfunktion, die aus den Momentanwerten der drei ursprünglichen („natürlichen") Größen nach der Definition [1]

$$\underline{v} = 2\,(v_a + \underline{a}\,v_b + \underline{a}^2\,v_c)/3 \qquad (1)$$

gebildet wird. Zur vollständigen Beschreibung des Dreiphasensystems ist der Raumzeiger allein nicht ausreichend, da er nur zwei unabhängige Größen enthält. Die dritte wird durch die Nullgröße

$$v_0 = (v_a + v_b + v_c)/3 \qquad (2)$$

repräsentiert.

Die Rücktransformation wird durch die Gleichungen

$$\begin{aligned} v_a &= \{\mathrm{Re}\ \underline{v}\ \} + v_0, \\ v_b &= \{\mathrm{Re}\ \underline{a}^2\,\underline{v}\} + v_0, \\ v_c &= \{\mathrm{Re}\ \underline{a}\,\underline{v}\ \} + v_0 \end{aligned} \qquad (3)$$

beschrieben. Der Zusammenhang von Raumzeigern und Symmetrischen Komponenten ist durch

$$\underline{v} = \sqrt{2}\,\underline{V}_m\,e^{jwt} + \sqrt{2}\,\underline{V}_g^*\,e^{-jwt} \qquad (4)$$

gegeben. Die Mit- und die konjugiert komplexe Gegenkomponente sind nach (4) zwei spezielle Harmonische eines zeitlich periodischen Raumzeigers mit den Ordnungszahlen $^{+}1$ und $^{-}1$.

Ein Induktions-Tiegelofen einschließlich der Betriebsmittel der Symmetriereinrichtung kann als Drehstromabnehmer in Dreieckschaltung nach Bild 2 aufgefaßt werden. Unter der Annahme, daß die Spannungen an den drehstromseitigen Anschlußklemmen zeitlich sinusförmig aber beliebig unsymmetrisch sind, erhält man für die komplexen Ströme im Dreieck

$$\begin{aligned} \underline{I}_{12} &= [(1 - \underline{a}^2)\,\underline{U}_m + (1 - \underline{a})\,\underline{U}_g]\,\underline{Y}_{12}, \\ \underline{I}_{23} &= [(\underline{a}^2 - \underline{a})\,\underline{U}_m + (\underline{a} - \underline{a}^2)\,\underline{U}_g]\,\underline{Y}_{23}, \\ \underline{I}_{31} &= [(\underline{a} - 1)\,\underline{U}_m + (\underline{a}^2 - 1)\,\underline{U}_g]\,\underline{Y}_{31}. \end{aligned} \qquad (5)$$

Zur Bildung des Raumzeigers ist die Überführung von (5) in Momentanwerte nach

$$v\,(wt) = \sqrt{2}\,(\underline{V}\,e^{jwt} + \underline{V}^*\,e^{-jwt})/2 \qquad (6)$$

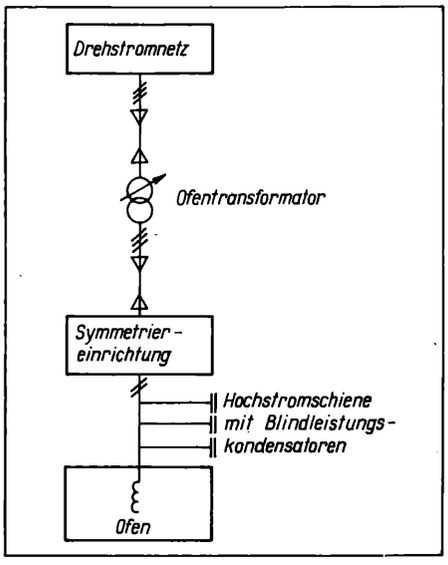


Bild 1
Prinzipschaltbild eines Netzfrequenz-Induktions-Tiegelofens

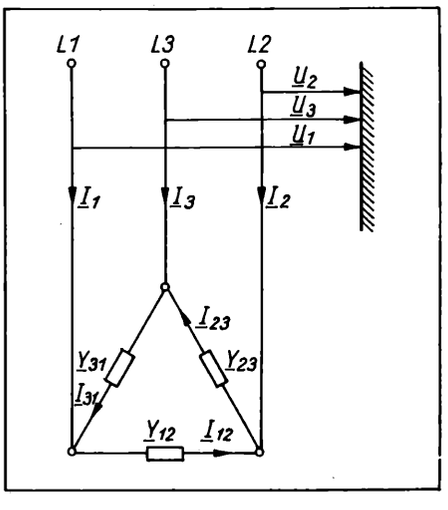


Bild 2
NF-Induktions-Tiegelofen als Drehstromabnehmer in Dreieckschaltung

Dr. sc. techn. *Gerhard Herold* ist Leitingenieur für CAD-Technik im VEB Starkstrom-Anlagenbau Leipzig — Halle, Bereich Projektierung Nordhausen.

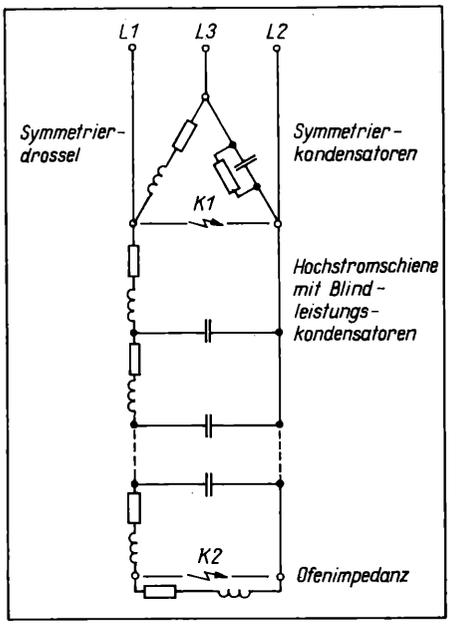


Bild 3
Ersatzschaltung eines NF-Induktions-Tiegelofens

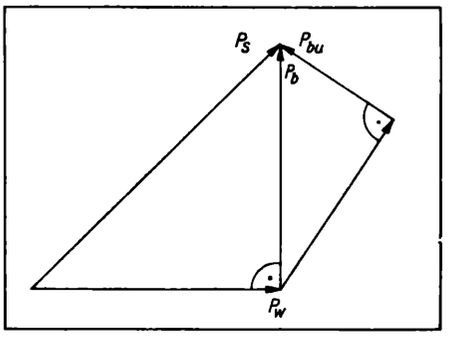


Bild 4
Leistungsverhältnisse bei Gegenstromsymmetrie

erforderlich. Der Raumzeiger der Dreieckströme wird eingeführt als

$$\underline{i}_\Delta = 2\,(i_{12} + \underline{a}\,i_{23} + \underline{a}^2\,i_{31})/3. \tag{7}$$

Aus der Definition des Raumzeigers der Leiterströme entsprechend (1) und den Knotenpunktsätzen für das Abnehmerdreieck nach Bild 2 folgt

$$\underline{i} = (1 - \underline{a})\,\underline{i}_\Delta. \tag{8}$$

Der Raumzeiger der drei Leiterströme wird unter Verwendung von (5) bis (8)

$$\begin{aligned}\underline{i} = {} & \sqrt{2}\,\underline{U}_m\,(\underline{Y}_{12} + \underline{Y}_{23} + \underline{Y}_{31})\,e^{j\omega t} \\ & - \sqrt{2}\,\underline{U}_g\,(\underline{a}\,\underline{Y}_{12} + \underline{Y}_{23} + \underline{a}^2\,\underline{Y}_{31})\,e^{j\omega t} \\ & - \sqrt{2}\,\underline{U}_m{}^*\,(\underline{a}\,\underline{Y}_{-12}{}^* + \underline{Y}_{23}{}^* + \underline{a}^2\,\underline{Y}_{31}{}^*)\,e^{-j\omega t} \\ & + \sqrt{2}\,\underline{U}_g{}^*\,(\underline{Y}_{12}{}^* + \underline{Y}_{23}{}^* + \underline{Y}_{31}{}^*)\,e^{-j\omega t}.\end{aligned} \tag{9}$$

Der Koeffizientenvergleich von (9) und (4) liefert die Symmetrischen Komponenten der Leiterströme

$$\begin{bmatrix}\underline{I}_m \\ \underline{I}_g\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\underline{Y}_S & -\underline{Y}_A \\ -\underline{Y}_B & \underline{Y}_S\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\underline{U}_m \\ \underline{U}_g\end{bmatrix} \tag{10}$$

mit den Abkürzungen

$$\begin{bmatrix}\underline{Y}_S \\ \underline{Y}_A \\ \underline{Y}_B\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}1 & 1 & 1 \\ \underline{a} & 1 & \underline{a}^2 \\ \underline{a}^2 & 1 & \underline{a}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\underline{Y}_{12} \\ \underline{Y}_{23} \\ \underline{Y}_{31}\end{bmatrix}. \tag{11}$$

Das der Symmetriereinrichtung vorgeschaltete Drehstromsystem wird mit Hilfe des Satzes von der Ersatzspannungsquelle in Symmetrischen Komponenten beschrieben:

$$\begin{bmatrix}\underline{U}_m \\ \underline{U}_g\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\underline{U}_{pm} \\ \underline{U}_{pg}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\underline{Z}_m & 0 \\ 0 & \underline{Z}_g\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\underline{I}_m \\ \underline{I}_g\end{bmatrix}. \tag{12}$$

Aus (10) und (12) wird das komplexe Gleichungssystem zur Berechnung der Symmetrischen Komponenten der Leiterströme gewonnen. Häufig kann angenommen werden, daß die Leerlaufspannungen des Drehstromsystems sinusförmig symmetrisch sind (die Gegenkomponente der Leerlaufspannungen wird Null). Dann können die Symmetrischen Komponenten der Leiterströme berechnet werden nach

$$\underline{I}_m = \underline{U}_{pm}\,(\underline{Y}_S + \underline{Z}_g\,\underline{D})/\underline{D}', \tag{13}$$

$$\underline{I}_g = -\,\underline{U}_{pm}\,\underline{Y}_B/\underline{D}', \tag{14}$$

mit

$$\underline{D} = \underline{Y}_S{}^2 - \underline{Y}_A\,\underline{Y}_B, \tag{15}$$

$$\underline{D}' = 1 + \underline{Y}_S\,(\underline{Z}_m + \underline{Z}_g) + \underline{Z}_m\,\underline{Z}_g\,\underline{D}. \tag{16}$$

Bei gegebener Mit- und Gegenkomponente können alle interessierenden Ströme und Spannungen ermittelt werden.

2. Normalbetrieb des Ofens

Im Normalbetrieb soll der Induktions-Tiegelofen wie ein symmetrischer Drehstromabnehmer wirken. Die Gegenkomponente der Leiterströme soll also Null sein. Aus (14) erhält man die Symmetriebedingung

$$\underline{Y}_B = \underline{a}^2\,\underline{Y}_{12} + \underline{Y}_{23} + \underline{a}\,\underline{Y}_{31} = 0. \tag{17}$$

Die triviale Lösung von (17) ist die Identität der drei Leitwerte (symmetrischer Drehstromabnehmer). Daneben hat sie aber noch eine Vielzahl weiterer Lösungen, von denen die bei Induktions-Tiegelöfen zur Anwendung kommende Symmetrierschaltung nach *Steinmetz* wiederum ein Spezialfall ist. Dieses Prinzip setzt voraus, daß der einphasige Wechselstromabnehmer, der an das Drehstromnetz angeschlossen werden soll, wie ein rein ohmscher Abnehmer wirkt und die beiden Symmetrierelemente verlustfreie Blindelemente sind, d.h.:

$$\begin{aligned}\underline{Y}_{12} &= G_{12}, \\ \underline{Y}_{23} &= \mathrm{j}\,B_{23}, \\ \underline{Y}_{31} &= \mathrm{j}\,B_{31}.\end{aligned} \tag{18}$$

Durch Zerlegen von (17) in Real- und Imaginärteil erhält man mit (18) die Bestimmungsgleichungen für die beiden Symmetrierelemente:

$$\begin{aligned}B_{23} &= G_{12}/\sqrt{3}, \\ B_{31} &= -\,G_{12}/\sqrt{3}.\end{aligned} \tag{19}$$

Nach (19) ist das Symmetrierelement zwischen den Leitern 2 und 3 eine Kapazität und das zwischen den Leitern 3 und 1 eine Induktivität. Die Ofenanlage erhält damit die Ersatzschaltung nach Bild 3.
Die drei Ströme bilden im Normalbetrieb mit ideal abgestimmter Kompensations- und Symmetriereinrichtung ein symmetrisches Dreiphasensystem. Der Strom-Raumzeiger ist in diesem Fall

$$\underline{i} = \sqrt{2}\,\underline{U}_m\,G_{12}\,e^{j\omega t}. \tag{20}$$

Wirk- und Scheinleistung sind gleich. Sie betragen

$$P_w = P_S = 3\,U_m\,I_m = 3\,U_m{}^2\,G_{12}. \tag{21}$$

Der Leistungsfaktor ist

$$\lambda = P_w/P_S = 1{,}0. \tag{22}$$

Wenn die Symmetrier- und Kompensationseinrichtung nicht ideal abgestimmt sind, dann treten Gegenkomponenten in Strom und Spannung auf. Die Wirkleistung wird in diesem Fall nach

$$P_w = 3\,U_m\,I_m\cos f_m + 3\,U_g\,I_g\cos f_g \tag{23}$$

berechnet ([2]). Für die Scheinleistung gilt

$$P_S = 3\,U_m\,I_m\sqrt{(1 + U_g{}^2/U_m{}^2)\,(1 + I_g{}^2/I_m{}^2)}. \tag{24}$$

Der Leistungsfaktor wird nach (22) berechnet. Es tritt eine Blindleistung auf, die von der Phasenverschiebung und der Unsymmetrie bestimmt wird:

$$P_b = P_S\sqrt{1 - \lambda^2}. \tag{25}$$

In vielen Fällen kann die Gegenkomponente der Leiterspannungen vernachlässigt werden. Für die Blindleistung gilt dann

$$P_b = 3\,U_m\,I_m\sqrt{\sin^2 f_m + I_g{}^2/I_m{}^2}. \tag{26}$$

Sie kann in eine Verschiebungs- und eine Unsymmetrieblindleistung (Gegentaktblindleistung) zerlegt werden:

$$P_{bf} = 3\,U_m\,I_m\sin f_m, \tag{27}$$

$$P_{bu} = 3\,U_m\,I_g. \tag{28}$$

Die Leistungsverhältnisse sind im Bild 4 grafisch dargestellt.

3. Kurzschluß der Hochstromschiene

Die angegebenen Gleichungen sind auch für die Berechnung des stationären Kurzschlußwechselstroms bei einem Fehler im Hochstrom-Schienensystem anwendbar, wenn der entsprechende Leitwert zwischen den Leitern 1 und 2 eingesetzt und bei der Leerlauf-

Tafel 1. Daten des Anwendungsbeispiels

Ofen	
– Nennspannung	1000 V
– Nennleistung	1800 kW
– Leistungsfaktor	0,17
Hochstromschiene	
– Länge	9,6 m
– Resistanz	0,00338 mΩ/m
– Reaktanz	0,02874 mΩ/m
– Verluste bei 11000 A Ofenstrom	2100 W
Kompensationskondensatoren	
– Nennspannung	1000 V
– Blindleistung insgesamt	6 × 1600 kVar + 2000 kVar
– Verluste	125 W/100 kVar
Symmetrierkondensatoren	
– Nennspannung	1000 V
– Blindleistung insgesamt	(1400 + 200) kVar
– Verluste	125 W/100 kVar
– Resistanz der Anschlußschiene	0,23 mΩ
– Reaktanz der Anschlußschiene	1,53 mΩ
Symmetrierdrossel	
– Nennspannung	1050 V
– Scheinleistung	1300 kVA
– Verluste	8,5 kW
– Resistanz der Anschlußschiene	0,30 mΩ
– Reaktanz der Anschlußschiene	2,00 mΩ
Ofentransformator	
– Nennspannung	1050 V
– Nennleistung	2500 kVA
– Kurzschlußspannung bei 1000 V	0,056
– Kurzschlußverluste	25 kW
Netzimpedanz an der Symmetriereinrichtung	
– Mitimpedanz = Gegenimpedanz	
– Resistanz	6,6 mΩ
– Reaktanz	33,0 mΩ

Tafel 2. Ergebnisse zum Anwendungsbeispiel

Fall	1	2	3	4	5	
I_m	1035	1050	1059	1077	1163	A
I_g	0	155	299	131	895	A
U_m	570	566	573	560	547	V
Ug	0	5	10	4	30	V
I_1	1035	942	931	952	2046	A
I_2	1035	1027	960	1176	863	A
I_3	1035	1199	1358	1113	1238	A
I_{12}	1792	1791	1807	1777	2188	A
I_{23}	1035	1083	1408	772	1392	A
I_{31}	1035	1260	1265	1256	1229	A
P_W	1768	1776	1809	1747	1495	kW
P_S	1768	1803	1890	1823	2413	kVA
P_b	0	312	549	523	1894	kVAr
λ	1,00	0,985	0,957	0,958	0,620	
Ströme bei wechselstromseitigem Klemmenkurzschluß						
I_{1k}	16,343	16,330	16,359	16,305	16,359	kA
I_{2k}	16,343	16,356	16,327	16,384	16,327	kA
I_{3k}	0	0,186	0,100	0,462	0,100	kA
I_{12k}	16,343	16,597	16,644	16,554	16,644	kA
I_{23k}	0	1,038	1,340	0,744	1,340	kA
I_{31}	0	1,223	1,241	1,205	1,241	kV

Tafel 3. Ströme bei Kurzschluß an den Ofenanschlüssen

Fall	1	2	3	
I_{1k}	16,278	16,266	16,294	kA
I_{2k}	16,273	16,286	16,257	kA
I_{3k}	0,005	0,185	0,102	kA
I_{12k}	16,500	16,529	16,576	kA
I_{23k}	1,000	1,038	1,341	kA
I_{31}	0,999	1,223	1,241	kA

spannung des Drehstromnetzes der für die Kurzschlußstromberechnung vorgeschriebenen Spannungsbeiwert nach TGL 200-0604 berücksichtigt wird. An dieser Stelle soll daher nur der Grenzfall des wechselstromseitigen Klemmenkurzschlusses an der Symmetriereinrichtung (Kurzschlußstelle K1 nach Bild 3) betrachtet werden. Für diesen Fall gilt

$$\underline{Y}_{12} \to \infty. \tag{29}$$

Die Gln. (13) bis (16) müssen einer entsprechenden Grenzwertbetrachtung unterzogen werden. Man erhält so

$$\underline{I}_{mk} = c\,\underline{U}_{pm}\,[1 + 3\,\underline{Z}_g\,(\underline{Y}_{23} + \underline{Y}_{31})]/\underline{D}'', \tag{30}$$

$$\underline{I}_{gk} = -\,c\,\underline{a}^2\,\underline{U}_{pm}/\underline{D}'', \tag{31}$$

$$\underline{D}'' = \underline{Z}_m + \underline{Z}_g + 3\,\underline{Z}_m\,\underline{Z}_g\,(\underline{Y}_{23} + \underline{Y}_{31}). \tag{32}$$

Wenn die Symmetriereinrichtung ideal abgestimmt ist, resultiert nach (21)

$$\underline{Y}_{23} + \underline{Y}_{31} = 0. \tag{33}$$

Die Berechnung der Ströme vereinfacht sich zu

$$\underline{I}_{mk} = -\,\underline{a}^2\,\underline{I}_{gk} = c\,\underline{U}_{pm}/(\underline{Z}_m + \underline{Z}_g), \tag{34}$$

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_{12} = -\,\underline{I}_2 = (1 - \underline{a}^2)\,\underline{I}_{mk}, \tag{35}$$

$$\underline{I}_3 = \underline{I}_{23} = \underline{I}_{31} = 0. \tag{36}$$

Die Gln. (34) bis (36) sagen erwartungsgemäß aus, daß dieser Fehlerfall dem zweipoligen drehstromseitigen Klemmenkurzschluß an der Symmetriereinrichtung entspricht.

4. Anwendungsbeispiel

Die Anwendung wird am Beispiel von fünf verschiedenen Betriebsfällen einer Induktions-Tiegelofen-Anlage, deren Daten in Tafel 1 zusammengestellt sind, gezeigt. Dafür wurden folgende Betriebszustände ausgewählt:

Fall 1: Kompensation und Symmetrierung ideal, Symmetrierung verlustfrei

Fall 2: Kompensation ideal, kapazitive Symmetrierblindleistung 1100 kVar, Symmetrierung real verlustbehaftet

Fall 3: Kompensation ideal, kapazitive Symmetrierblindleistung 1400 kVar, Symmetrierung real verlustbehaftet

Fall 4: Kompensation ideal, kapazitive Symmetrierblindleistung 800 kVar, Symmetrierung real verlustbehaftet

Fall 5: Ausfall eines Kondensatorgerüstes zur Blindleistungskompensation (1600 kVar), ansonsten wie Fall 4.

Die Rechnungen wurden mit einem Personalcomputer durchgeführt. Tafel 2 zeigt die Ergebnisse. Der Übersichtlichkeit halber sind nur die Beträge der komplexen Größen angegeben.

Der Fall 1 repräsentiert den theoretischen Idealfall. Er kann praktisch nicht verwirklicht werden, da er verlustfreie Symmetrierelemente erfordert. Bei wechselstromseitigen Klemmenkurzschluß fließt der zweipolige Kurzschlußstrom am Fehlerort Symmetriereinrichtung. Tafel 3 zeigt, daß der Kurzschlußwechselstrom bei einem Fehler an den Ofenanschlüssen (Kurzschlußstelle K 2 nach Bild 3) größer ist. Dieses Phänomen erklärt sich durch die Beteiligung aller drei Leiter am Fehler bei endlichem Leitwert des Wechselstromkreises.

Der Fall 2 ist der Betriebszustand, bei dem mit realen verlustbehafteten Betriebsmitteln der Symmetriereinrichtung der höchste Leistungsfaktor erreicht wird. Fall 5 zeigt, daß der Ausfall von Kondensatoren zur Blindleistungskompensation zu einer erheblichen Vergrößerung der Unsymmetrie und einem sehr niedrigen Leistungsfaktor führt. Der Ofentransformator wird überlastet, weil im Leiter 1 etwa sein 1,42facher Nennstrom fließt, so daß dieser Betriebszustand nur eine begrenzte Zeit andauern darf. In der Praxis sind immer alle drei Leiter am wechselstromseitigen Kurzschluß beteiligt, weil die Symmetriereinrichtung nicht verlustfrei ist und die Parameterabstufungen der Betriebsmittel keine beliebig feine Abstimmung zulassen. Der Kurzschlußwechselstrom ist daher im allgemeinen höher als bei zweipoligem Fehler, ohne jedoch den dreipoligen Kurzschlußstrom zu übersteigen. Für die Hochstromschiene stellt er keine entscheidende Belastung dar. Im vorliegenden Beispiel ist er nicht höher als der 1,5fache Nennstrom der Schiene. Trotzdem ist dieser Fehlerfall bei der Bemessung der übrigen Betriebsmittel und bei der Festlegung der Einstellwerte für den Netzschutz zu beachten.

5. Zusammenfassung

Das vorgestellte Verfahren ermöglicht die Berechnung beliebiger stationärer Betriebszustände von Drehstrom-Anlagen mit Induktions-Tiegelöfen zwischen Leerlauf und Kurzschluß. Es ist damit ein wichtiges Hilfsmittel für die Projektierung derartiger Elektroenergieanlagen. In der Betriebsführung unterstützt es die Entscheidungsfindung über die Zulässigkeit abnormaler Betriebszustände und deren Auswirkungen. Es ermöglicht Aussagen über die Elektroenergiequalität. Die dazu notwendigen Rechnungen können mit Personalcomputern schnell und sicher ausgeführt werden. Das Verfahren kann als Programmodul in ein größeres Programmpaket für netztechnische Berechnungen einbezogen werden.

Literatur

[1] *Kovács, K. P.:* Symmetrische Komponenten in Wechselstrommaschinen. Basel und Stuttgart: Birkhäuser Verlag 1962

[2] *Herold, G.:* Beschreibung der Leistungsverhältnisse in Drehstromsystemen mit Raumzeigern und Nullgrößen. ELEKTRIE, Berlin 37 (1983) 8, S. 402–406

[3] TGL 200-0604 Berechnung von Kurzschlußströmen. Verbindlich ab 01. 01. 1977

EA 5961

Neues Meßverfahren für den Schlupf von Asynchronmotoren

U. Beckert; W. Neuber; Freiberg

Mitteilung aus der Bergakademie Freiberg, Wissenschaftsbereich Elektrotechnik

1. Problemstellung

Als Schlupf wird gemäß Definition

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} = \frac{f_0 - f_i}{f_0}, \tag{1}$$

die auf die Bezugsdrehzahl n_0 (Bezugsfrequenz f_0) bezogene Abweichung der Istdrehzahl n (Istfrequenz f_i) von der Bezugsdrehzahl (Bezugsfrequenz) bezeichnet. Die Differenzfrequenz zwischen der Bezugsfrequenz und der Istfrequenz wird üblicherweise als Schlupffrequenz bezeichnet:

$$f_s = f_d = f_0 - f_i. \tag{2}$$

Die Kenntnis des Schlupfes ist auf mehreren Gebieten der Antriebstechnik notwendig. Zum Beispiel wird der stationäre Betriebszustand eines Asynchronmotors eindeutig durch den Schlupf charakterisiert. Als Bezugsdrehzahl wird dabei die durch die Netzfrequenz f_1 und die Polpaarzahl p bestimmte synchrone Drehzahl

$$n_0 = \frac{f_1}{p}$$

verwendet. Da der Nennschlupf s_n mit wachsender Motorleistung sinkt, besteht für die genaue Messung kleiner Schlupfwerte ein besonderes Interesse.

Schlupfmeßprobleme treten auch bei Bandantrieben und Walzwerkantrieben auf. Die Streckungsmessung wird hier stets auf eine Schlupfmessung zurückgeführt. Zur Erzielung optimaler Zug- und Bremskräfte werden Schlupfmeßverfahren zunehmend auch für Fahrzeuge interessant.

Aus der Literatur sind mehrere Schlupfmeßverfahren und -meßeinrichtungen bekannt [1] [2] [3]. Eine Schlupfmeßeinrichtung mit durchgehend frequenzanaloger Informationsverarbeitung wird erstmals in [4] [5] angegeben. Kernstück dieser für die genaue Messung kleiner Schlupfwerte besonders geeigneten Schlupfmeßeinrichtung ist eine aus zwei D-Flip-Flops und einem Antivalenzgatter bestehende digitale Schaltung. Mit dieser wird aus den bezugsdrehzahl- und istdrehzahlfrequenten Impulsfolgen eine differenzfrequente Rechteckimpulsfolge gebildet, deren Impulsbreite genau der Netzperiodendauer entspricht und deren zeitlicher Mittelwert somit exakt dem Schlupf proportional ist. Um auch bei kleinen Schlupfwerten kurze Meßzeiten zu ermöglichen, müssen die der Bezugsdrehzahl und der Istdrehzahl entsprechenden Frequenzen f_0 und f_i vervielfacht werden. Die Vervielfachung der Bezugsfrequenz f_0 erfolgt dabei mit einem Phasenregelkreis, die Vervielfachung der Frequenz f_i durch einen inkrementalen rotatorischen Geber entsprechend hoher Inkrementezahl. Die Notwendigkeit, einen solchen Drehzahlgeber verwenden zu müssen, ist vor allem für betriebliche Messungen ein Nachteil.

Im folgenden wird ein neues elektronisches Schlupfmeßverfahren mit durchgehend frequenzanaloger Informationsverarbeitung angegeben, das ebenfalls eine hohe Meßgenauigkeit ermöglicht, dabei aber nur einen einfachen Drehzahlgeber erfordert. In den meisten Fällen wird eine Marke auf der Motorwelle oder Kupplung genügen. Das Verfahren wird speziell für den Schlupf von Asynchronmotoren entwickelt. Geringfügig modifiziert eignet es sich auch für andere Schlupfmeßprobleme.

2. Grundgedanke

Werden in der Schlupf-Definitionsgleichung (1) anstelle der Frequenzen die Periodendauern

$$T_0 = \frac{1}{f_0},\quad T_i = \frac{1}{f_i},\quad T_1 = \frac{1}{f_1}$$

gesetzt, dann ergibt sich:

$$s = \frac{f_0 - f_i}{f_0} = \frac{T_i - T_0}{T_i} = \frac{T_i - p\,T_1}{T_i}. \tag{3}$$

Ausgangspunkt des Schlupfmeßverfahrens bildet die bekannte Beziehung für den zeitlichen Mittelwert einer Spannungsrechteckimpulsfolge (Bild 1):

$$\bar{u} = \hat{u}\,\frac{T_e}{T} = \hat{u}\,\frac{T - T_p}{T}. \tag{4}$$

T Periodendauer
T_e Impulsbreite
T_p Impulspause
$\hat{u}$ Impulshöhe.

Ganz offensichtlich erhält man aus (4) den Schlupf, wenn man die Periodendauer T gleich der Drehperiode T_i, dem Kehrwert der Drehzahl entsprechenden Impulsfrequenz

$$T = T_i = \frac{1}{f_i} \tag{5}$$

und die Impulspause T_p gleich der Bezugsperiode T_0, dem Produkt von Polpaarzahl p und Netzperiode T_1,

$$T_p = T_0 = p\,T_1 \tag{6}$$

wählt und die Impulshöhe $\hat{u}$ konstant hält.

3. Technische Realisierung

Das Blockschaltbild der Schlupfmeßeinrichtung zeigt Bild 2.

Ein mit der Welle des Asynchronmotors starr verbundener Impulsgeber (2) liefert je Umdrehung einen Impuls bzw. eine Impulsfolge P der Frequenz $f_i = 1/n$ (n = Drehzahl des Asynchronmotors). Um eine hohe Genauigkeit zu erreichen, wird die der Bezugsdrehzahl (synchrone Drehzahl) n_s proportionale Netzfrequenz f_1 um einen konstanten, möglichst großen Faktor N vervielfacht. Die Vervielfachung der Netzfrequenz erfolgt mit einem Phasenregelkreis (1).

Der Phasenregelkreis besteht aus einem Phasendetektor (*11*), einem Filter (*12*), einem spannungsgesteuerten Oszillator (*13*) und einem Frequenzteiler (*14*). Mit dem Frequenzteiler wird die Oszillatorfrequenz im Verhältnis $1/N$ geteilt. Im Phasendetektor wird die Ausgangsfrequenz des Frequenzteilers mit der Netzfrequenz verglichen. Bei Phasenungleichheit erzeugt der Phasendetektor eine Spannung, die über das Filter den Oszillator so nachstimmt, daß dessen geteilte Frequenz gleich der Netzfrequenz wird. Das heißt, mit dem Phasenregelkreis wird eine Rechteckimpulsfolge P_0 erzeugt, die phasenstarr der Netzwechselspannung folgt und deren Frequenz f_0' N-mal größer als die Netzfrequenz ist.

Kernstück der Schlupfmeßeinrichtung ist die aus einem NOR-Gatter (*31*), einem Frequenzteiler (*32*), einem Mono-Flop (*33*) und einem RS-Flip-Flop (*34*) bestehende digitale Schaltung (*3*), mit der aus den Impulsfolgen P und P_0 die drehfrequente Rechteckimpulsfolge P_3 mit schlupfproportionalem Tastverhältnis gebildet wird. Die Beschreibung dieser digitalen Schaltung erfolgt zweckmäßig anhand des im Bild 3 dargestellten Impulsdiagrammes:

Die Vorderflanke eines Impulses der drehfrequenten Impulsfolge P setzt das RS-Flip-Flop (*34*). Dadurch wird das Tor (*31*) geöffnet und die Impulsfolge P_0 zum Eingang des Frequenzteilers (*32*) weitergeleitet. Nach dem Einlaufen einer dem Teilerverhältnis ($1/M$) entsprechenden Anzahl von Impulsen der Impulsfolge P_0 setzt die H-L-Flanke des Ausgangssignales P_2 des Frequenzteilers das RS-Flip-Flop (*34*). Mit dem Rücksetzen des RS-Flip-Flops wird das Tor geschlossen und der sich wieder in seiner Ausgangsstellung befindende Frequenzteiler angehalten. In diesem Zustand verharrt die Schaltung bis zum Eintreffen der Vorderflanke des nächsten Impulses der Impulsfolge P, mit dem eine neue Umsetzperiode beginnt. Die am Ausgang des RS-Flip-Flops (*34*) entstehende Rechteckimpulsfolge P_3 hat deshalb wieder die Drehfrequenz f_i und ihr Tastverhältnis entspricht genau dem Schlupf, wenn

$$M = p\,N$$

gewählt wird.

Um den Einfluß der Impulshöhe auf den zeitlichen Mittelwert zu eliminieren, muß diese hochkonstant sein. Die Ausgangssignale digitaler Schaltkreise erfüllen diese Forderung im allgemeinen nicht. Die Konstanz der Impulshöhe wird dadurch erreicht, daß der digitalen Schaltung (*3*) eine mit Feldeffekttransistoren realisierte Serien-Gegentaktimpulsendstufe (*4*) folgt und daß deren Versorgungsspannung durch eine Regelung konstant gehalten wird. Von der am Ausgang der Impulsendstufe entstehenden Rechteckimpulsfolge P_{3n} mit der konstanten Impulshöhe wird z. B. mit einem Drehspulinstrument (*5*) der zeitliche Mittelwert gebildet.

Dr.-Ing. *Ulrich Beckert* und Dr.-Ing. *Wolfram Neuber* sind wissenschaftliche Mitarbeiter an der Bergakademie Freiberg, Wissenschaftsbereich Elektrotechnik.

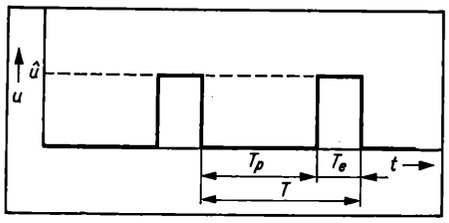


Bild 1. Rechteckimpulsfolge

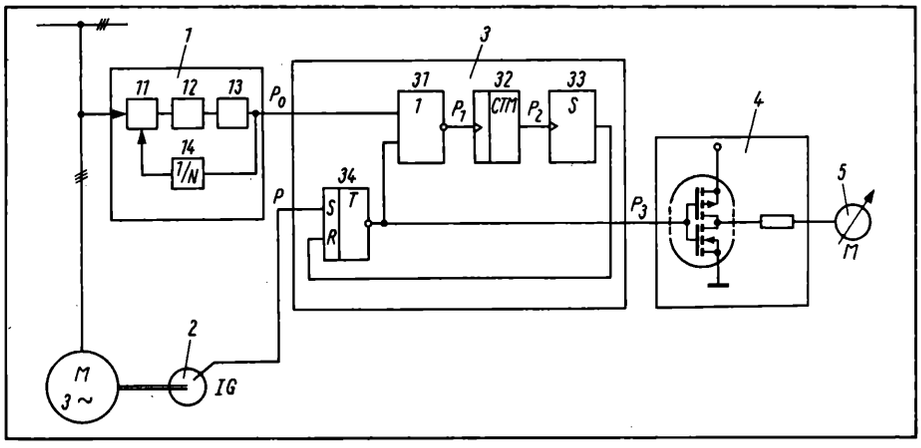


Bild 2. Blockschaltbild der Schlupfmeßeinrichtung
1 Phasenregelkreis
2 inkrementaler rotatorischer Geber
3 digitaler Pulsmodulator
4 Impulsendstufe
5 Anzeigeinstrument

4. Eigenschaften des Schlupfmeßverfahrens

Beschränkt man sich auf das Messen kleiner Schlupfwerte der am Netz betriebenen Asynchronmaschine, so ist der Schlupf in erster Näherung der Differenz von Dreh- und Bezugsperiode $(T_i - T_0)$ proportional, weil sich in diesem Fall die Drehperiode T_i nur geringfügig mit dem Schlupf ändert:

$$\frac{\Delta T_i}{T_i} = \frac{s}{1-s}\,\frac{\Delta s}{s}. \tag{7}$$

Die Differenz von Dreh- und Bezugsperiode wird hier in einem digitalen Pulsmodulator periodisch gebildet. Die am Ausgang des Pulsmodulators entstehende Rechteckimpulsfolge P_3 hat deshalb ein quantisiertes Tastverhältnis. Sowohl die Impulsbreite als auch die Impulsperiode treten nur als ganzzahliges Vielfaches der Periodendauer

$$T_0' = \frac{1}{N f_1}$$

auf. Für das Auflösungsvermögen α des schlupfproportionalen Tastverhältnisses je Umsetzperiode gilt deshalb:

$$\alpha = \frac{s_q}{s} \approx \frac{1-s^2}{sN}. \tag{8}$$

Das heißt, das Auflösungsvermögen ist dem Schlupf und dem Vervielfachungsfaktor N näherungsweise indirekt proportional. Um eine hohe Auflösung zu erreichen, muß die Netzfrequenz möglichst hoch vervielfacht werden.
In unmittelbarem Zusammenhang mit dem Auflösungsvermögen α des Tastverhältnisses a steht der Quantisierungsfehler δa mit

$$-\frac{\alpha}{2} \leqq \delta a < +\frac{\alpha}{2}.$$

Da die Meßgröße im Pulsbreitenmodulator lückenlos in das Tastverhältnis umgesetzt wird, hat die Summation von m Umsetzungen den gleichen maximalen Quantisierungsfehler wie jede Einzelmessung allein

$$-\widehat{\delta a_i} \leqq \sum_{i=1}^{m} \delta a_i < +\widehat{\delta a_i}.$$

Der maximale Quantisierungsfehler über m Umsetzperioden $\widehat{\delta a_\Sigma}$ ist deshalb entsprechend

$$\widehat{\delta a_\Sigma} = \frac{1}{m}\,\widehat{\delta a_i} \tag{9}$$

umgekehrt proportional der Anzahl der Umsetzperioden. Das heißt, er fällt somit bei größer werdendem m stärker ab als bei durch Pausen unterbrochenen Umsetzungen, bei denen die Reduzierung des Fehlers aufgrund des Stichprobencharakters nur proportional $1/\sqrt{m}$ erfolgt.
Eine wichtige Eigenschaft des neuen Schlupfmeßverfahrens ist seine integrierende Wirkung. Sie beruht darauf, daß durch den zur Gewinnung der Eingangsinformation verwendeten Geber ein integraler Zusammenhang zwischen dem zurückgelegten Winkel während der Drehbewegung, z.B. über ein Inkrement, und der zum Durchlauf dieses Inkrementes benötigten Zeit, besteht. Aufgrund des integrierenden Verhaltens tritt grundsätzlich ein dynamischer Fehler auf, wenn sich die Meßgröße zeitlich ändert. Der dynamische Fehler wird durch die Zeitdauer eines Meßintervalles festgelegt. Bei diesem Verfahren wird die Zeit eines Meßintervalles durch die Zeitdauer einer Aufnehmerperiode bestimmt.
Der Unterschied zwischen erfaßtem Mittelwert und dem Augenblickswert der Meßgröße wird um so kleiner, je kleiner das Integrationszeitintervall T gegenüber der Periodendauer τ der zeitlich veränderlichen Meßgröße ist. Führt man das Verhältnis der Periodendauer einer Meßgrößenschwankung zu der Dauer eines Meßintervalles entsprechend $c = \tau/T$ ein und definiert dieses Verhältnis als Meßhäufigkeit c, so läßt sich der maximale dynamische Fehler F_{dyn} bei der Erfassung des Wechselanteiles einer sinusförmig

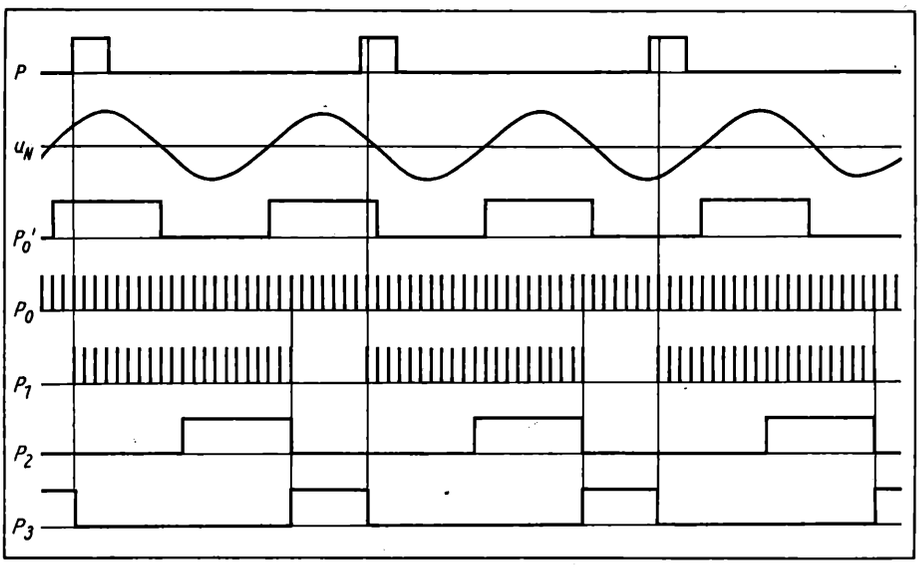


Bild 3. Impulsdiagramm der Schlupfmeßeinrichtung

schwankenden Meßgröße nach

$$F_{dyn} = 1 - \frac{\sin\frac{\pi}{c}}{\frac{\pi}{c}} \approx \frac{\pi^2}{6c^2} \tag{10}$$

näherungsweise ermitteln bzw. die notwendige Meßhäufigkeit c bei vorgegebener Genauigkeit abschätzen.
Da die Integrationszeit bei diesem Verfahren durch die Drehfrequenz des Aufnehmers bestimmt wird, bewirkt die Integration eine Filterung für alle Harmonischen und Subharmonischen dieser Drehfrequenz. Durch bewußtes Ausnutzen dieser dem Verfahren innewohnenden Filterfunktion lassen sich unerwünschte Frequenzen wirkungsvoll unterdrücken. Interessiert z.B. nur der mittlere Schlupf, so kann durch Benutzung eines Aufnehmers mit nur einer Marke eine aus unterschiedlichen Gründen auftretende Drehwinkelabhängigkeit des Schlupfes total unterdrückt werden.
Ausgehend von der Beziehung (4) für den Mittelwert einer Rechteckimpulsfolge als Grundlage dieses Schlupfmeßverfahrens gilt unter Einbeziehung der für ein Drehspulen-Anzeigeinstrument notwendigen Spannungs-Strom-Wandlung der relative Fehler des Mittelwertes des Stromes durch das Anzeigeinstrument näherungsweise:

$$F = \left|\frac{\Delta I_n}{I_n}\right| \approx \left|\frac{\Delta u}{u}\right| + \left|\frac{\Delta T_p}{T_p} \cdot \frac{1-s}{s}\right| + \left|\frac{\Delta R_K}{R_M + R_K}\right| + \left|\frac{\Delta R_M}{R_K + R_M}\right| \tag{11}$$

I_n Mittelwert des Stromes durch das Anzeigeinstrument
u Versorgungsspannung der Impulsendstufe
R_M Innenwiderstand des Anzeigeinstrumentes (einschließlich dessen Vorwiderstandes)
R_K Kanalwiderstand der Feldeffekttransistoren in der Impulsendstufe.

Die Periodendauer des Modulator-Ausgangssignales liefert im Mittel keinen Beitrag zum Fehler, da die Drehzahl-Frequenz-Wandlung fehlerfrei erfolgt. Der Fehler der Impulspause reduziert sich bei der Verwendung eines durch P_0 taktflankengetriggerten RS-Flip-Flops (*34*) nach Bild 2 auf die Differenz der Signallaufzeiten beider Eingänge und erreicht bei Zugrundelegung einer Pausenzeit T_p = 20 ms leicht einen relativen Fehler $\Delta T_p/T_p < 1 \cdot 10^{-6}$. Damit ist dieser Fehleranteil selbst bei der Messung eines Schlupfes $s = 1 \cdot 10^{-3}$ nur $< 1 \cdot 10^{-3}$. Das auf dem beschriebenen Schlupfmeßverfahren basierende Meßgerät ist weitgehend in CMOS-Technik ausgeführt und erreicht folgende Eigenschaften:

— Für Umgebungstemperaturen von 10···40 °C und Netzspannungsschwankungen von ± 10 % wird bei der Umsetzung des Schlupfes von Asynchronmaschinen in proportionale Stromwerte ein Größtfehler von $F = 2 \cdot 10^{-3}$ erreicht. Das heißt, die erreichbare statische Gesamtgenauigkeit wird weitgehend durch das analoge Anzeigeinstrument bestimmt.
— Die im Verfahren verankerte Mittelwertbildung kann vorteilhaft allein durch das Tiefpaßverhalten des zur Anzeige bzw. Registrierung vorgesehenen Drehspulmeßwerkes oder Meßschleife erreicht werden.

5. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird ein neues, patentiertes [6], auf der digitalen Modulation des Tastverhältnisses einer Rechteckimpulsfolge basierendes Meßverfahren speziell zur Messung des Schlupfes von Asynchronmotoren vorgestellt. Es zeichnet sich bei relativ niedrigem gerätetechnischem Aufwand und einfachstem Drehzahlgeber dadurch aus, daß die erreichbare Gesamtgenauigkeit weitgehend durch das analoge Anzeigeinstrument bestimmt wird.

Literatur

[1] *Misch, W.; Domann, H.; Adler, K.-H.:* Elektronische Schlupfmeßvorrichtung. DT – PS 2023346
[2] *Wilhelmy, L.:* Elektronische Schlupfmeßvorrichtung. DT – PS 2516569
[3] *Wilhelmy, L.:* Ein neues Schlupfmeßverfahren für die Antriebstechnik. ETZ – A 95 (1974) 11, S. 607–609
[4] *Beckert, U.; Neuber, W.:* Elektronische Einrichtung zur Messung des Schlupfes von Asynchronmotoren. DD – PS 155653
[5] *Beckert, U.; Neuber, W.:* Neues Schlupfmeßverfahren für die Antriebstechnik. messen steuern regeln, Berlin 24 (1981) 2, S. 98–102, 107
[6] *Beckert, U.; Neuber, W.:* Elektronische Einrichtung zum Messen des Schlupfes von Asynchronmotoren. DD – PS 220145

EA 5887

Eine neue Methode zur berührungslosen Durchmesserbestimmung dünner Drähte

M. Schade, Berlin

Täglich werden weltweit viele Millionen Meter Draht mit unterschiedlichsten Durchmessern hergestellt. Dabei ist bis zum heutigen Tag die Messung und Kontrolle des Durchmessers dünner Drähte nur unzureichend gelöst.
Die Genauigkeitsforderungen hängen vom Einsatzgebiet, der Verarbeitungstechnologie sowie von der Beanspruchung der Drähte ab. Sehr hohe Genauigkeitsforderungen bestehen diesbezüglich bei der Produktion von hochschmelzenden Metallen aus Wolfram oder Molybdän für Wendelelektroden und Glühkörper von Temperaturstrahlern. Der zulässige Meßfehler ist generell kleiner als ± 0,5 % für alle Durchmesser im Bereich von 10···500 µm. Dies liegt darin begründet, daß der Drahtdurchmesser die Leistungsaufnahme und die emittierte Strahlung (Lichtausbeute) beeinflußt und somit die Effektivität und Lebensdauer der Lampen unmittelbar bestimmt.

1. Herkömmliche Meßmethoden

1.1. Wägung

Traditionell wird die Durchmesserbestimmung von Feinstdrähten aus Wolfram oder Molybdän durch Wägung eines 200 mm langen Drahtstückes realisiert. Der Durchmesser läßt sich über die Dichte des Materials bestimmen. Diese Methode wird weltweit genutzt; sie ist genau und zuverlässig. Allerdings ist dieses Verfahren auch materialzerstörend und zeitaufwendig.

1.2. Optische Abbildung

Wird das Bild des Drahtes auf einen optischen Detektor projiziert und eventuell auch vergrößert, so kann man den Durchmesser direkt bestimmen. Die Genauigkeit ist dabei durch die Beugung an den Kanten begrenzt. Die Größe dieser Kantenunschärfe δ ist

$$\delta = 0{,}6 \cdot \lambda \frac{1}{\sin \pi\, a}. \tag{1}$$

Hierbei ist λ die Wellenlänge des Lichts und a die Apertur der benutzten Optik. Für $\lambda = 500$ nm und $a = 90°$ erhält man einen theoretischen unteren Grenzwert für die Kantenunschärfe δ = 0,3 µm. Dieser Wert ist für die Lichtquellenfertigung ungenügend. Außerdem besteht ein zweites Problem darin, daß der Draht eine äußerst exakte Positionierung bezüglich der Optik erfahren muß:

Senkrecht zur optischen Achse	$< d$ (Drahtdurchmesser)
in Richtung der optischen Achse	$< \delta$ (Kantenunschärfe).

Diese präzise Positionierung des Drahtes, die der einer mikroskopischen Abbildung entspricht, kann unter Produktionsbedingungen, insbesondere am bewegten Draht, nicht realisiert werden.

1.3. Abtastverfahren

Die Scanner-Technik, die den Durchmesser des Drahtes aus der Zeit der Scanner-Strahlunterbrechung ermittelt, wird gleichfalls durch die Beugung an den Kanten in seiner Genauigkeit und seinem Meßbereich begrenzt. Außerdem ist mit einer hohen Genauigkeitsforderung ein hoher Positionieraufwand verbunden.

2. Durchmesserbestimmung mittels Beugung

Das abbildende und das abtastende (Scanner-)Verfahren erfordern einen hohen Positionieraufwand und sind in ihrer Genauigkeit durch die Beugung des Lichtes an begrenzenden Kanten eingeschränkt. Deshalb konnten sich diese Verfahren bei hohen Genauig-

Dipl.-Phys. *Martin Schade*, Forschung und Entwicklung im Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg"

keitsanforderungen zur Überwachung kontinuierlicher Fertigungsprozesse für dünne Drähte nicht durchsetzen. Andererseits enthält das Beugungsbild Informationen über die Beugungsbildquelle (Draht). Die Intensitätsverteilung hinter dem Draht (Bild 1) ist gegeben durch:

$$I \approx \frac{1}{z^2} \sin^2 z \qquad (2)$$

$$z = \frac{1}{\lambda} \sin \beta$$

d Drahtdurchmesser
λ Wellenlänge des Lichtes
β Beugungswinkel

Diese Beziehungen sind modifiziert (Babinet-Theorem, 3-dimensinales Objekt) in [1] berücksichtigt und in der im folgenden dargelegten Signalverarbeitung eingearbeitet worden.
Die Bestimmung des Durchmessers d erfordert die Messung des Abstandes von Punkten gleicher Phase, z. B. der Minima oder Maxima. Eine weitaus höhere Genauigkeit und Zuverlässigkeit bei der Bestimmung des Durchmessers wird durch die Nutzung der Fast-Fourier-Transformation (FFT) bei der Ermittlung der Grundfrequenz erreicht.
Eine Besonderheit muß berücksichtigt werden. Die Gleichung (2) besteht aus einem periodischen und einem aperiodischen, gedämpften Teil:

$$I = \frac{1}{2z^2} \cos 2z + \frac{1}{2z^2}. \qquad (3)$$

Dieser aperiodische Teil würde im Frequenzbereich der FFT eine hohe Amplitude bei geringer Modulation erzeugen. Dies wiederum würde den Signal-Rauschabstand im Frequenzspektrum wesentlich verschlechtern. Aus diesem Grunde wird der aperiodische Anteil ermittelt und vom Signal abgezogen. Damit erzeugt man eine symmetrische (geglättete) Signalform.
Ein weiteres Problem bei der Erreichung hochgenauer Meßergebnisse besteht in der konstanten Auflösung der FFT im Frequenzbereich. Dies führt im Bereich kleiner Frequenzen zu einem großen relativen Fehler. Zur Unterdrückung dieses Digitalisierungsfehlers wird folgender Algorithmus genutzt [2] [3]:

- Umwandlung der Winkelverteilung des Beugungsbildes in eine Ortsverteilung auf der CCD-Zeile durch die Optik (CCD-Zeile liegt in der ersten Abbeschen Ebene der Optik)
- Signalauslesung und AD-Wandlung
- Digitale Vorverarbeitung (Abtrennung niederfrequenter Signalanteile)
- FFT
- Abtrennung unbrauchbarer hochfrequenter Anteile (Rauschen) und Inverse FFT
- Zero-filling und FFT zur Erhöhung der Auflösung
- Bestimmung der Grundfrequenz
- Bestimmung des Durchmessers und statistischer Prozeßdaten
- Datenausgabe.

Ein Tiefpaßfilter reduziert die redundanten Daten nach der ersten FFT so, daß hochfrequente Rauschanteile völlig eleminiert werden. Dadurch wird widerspruchsfrei zum Abtasttheorem ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis erreicht, als es dem eigentlichen Signal inhärent war.
Wenn man das Beugungsbild als eine Funktion der Zeit betrachtet, so erzeugt man durch diese Art der Datenreduktion eine höhere Signalfrequenz (virtuelle Frequenztransformation [3]) und verringert gleichzeitig die Anzahl der Meßpunkte.
Der Prozeß des Einfügens einer Konstanten von einem bestimmten Signalwert an entspricht einer Quasi-Multiplikation des Signals mit einer Rechteckfensterfunktion. Diese Multiplikation ist identisch einer Faltung im Frequenzbereich mit der transformierten Fensterfunktion, was wiederum zur Linienverbreiterung führt. Andererseits wird durch die virtuelle Frequenztransformation die verbreiterte Linie zu höheren Frequenzen hin verschoben, so daß damit die relative Genauigkeit der Peak-Positionsbestimmung erhöht wird.
Die gesuchte Grundfrequenz des Signals ist in erster Näherung nur um eine Gerätekonstante vom gesuchten Meßwert (Durchmesser) verschoben. Wenn eine Genauigkeit von 0,1% gefordert wird, muß eine nichtlineare Korrektur, wie in Gleichung (2) und in [1], berücksichtigt werden. Diese Nichtlinearitäten werden in der Kalibrierungstabelle abgelegt. Damit ist bei jedem Zugriff auf die Kalibrierungstabelle der gesuchte Durchmesser mit hinreichender Genauigkeit festgelegt.

Tafel 1. Ergebnisse

Meßbereich	$10 \cdots 500\,\mu m$
Meßgenauigkeit	$\leqq 50\,\mu m \pm 0{,}1\,\mu m$ $> 50\,\mu m \pm 0{,}2\,\%$
Meßwertfolge	1 oder 10 Hz
Justieranforderung an den Draht	Lage $\pm$ 0,5 mm Winkel $\pm$ 1,5 grd

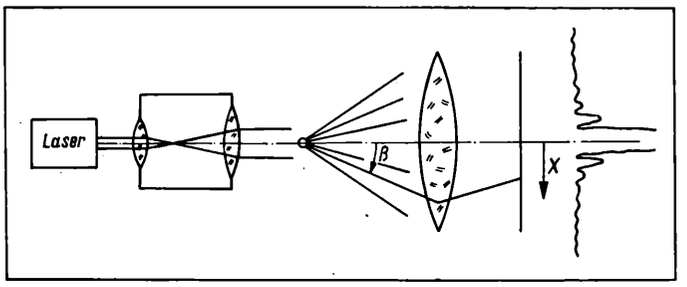


Bild 1. Intensitätsverteilung hinter dem Draht

3. Gerätekonfiguration

Der optoelektronische Sensor in diesem Meßsystem ist eine CCD-Zeile mit 1024 Pixel. Die Kameraoptik hat eine Brennweite von 80 mm und eine numerische Apertur von 1 : 1,8. Wird die CCD-Zeile in der Brennebene der Kameraoptik positioniert (Bild 1), so ist die Position des Beugungsbildes auf dem Sensor unabhängig von der Position und Bewegung des Drahtes im Laserstrahl (Tafel 1).
Das Meßsignal wird mit seinen amplituden-modulierten Werten mit 8-bit digitalisiert und dem Mikroprozessor Z 8000 in einen Pufferspeicher geschrieben. Die Berechnung wird in einer Interpretereinheit durchgeführt, welche durch ein EPROM-residentes Programm gesteuert wird. Die Berechnung dauert knapp 1 s bei Verwendung des Prozessors Z 8000 und etwa 0,1 s bei Verwendung des Signalprozessors TMS 320.20.

Literatur

[1] *Schmidt, S.:* Ein Beitrag zur Klärung der Lichtbeugung am metallischen Kreiszylinder. PTB-Mitteilung 86 (1976) 4, S. 239–247
[2] *Günther, K.; Kloss, H.-G.; Lüdge, W.:* Meßverfahren zur berührungslosen Durchmesserbestimmung dünner Drähte. DD 281573
[3] *Lüdge, W.; Günther, K.; Kloss, H.-G.:* Verfahren zur Frequenzmessung sinusförmiger Signale. DD 256198

EA 6118

In zweiter, durchgesehener Auflage!

Analoge Systeme

Grundlagen

Von Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Wunsch und Dr. sc. techn. Helmut Schreiber. 236 Seiten, 220 Bilder, 7 Tafeln, Kunstleder, 18,— M; 28,— DM. Auslieferung durch den Fachbuchhandel. Bestellangaben: 5538963/Wunsch, Analoge Systeme

Die Analogtechnik bleibt trotz des schnellen Voranschreitens der Digitaltechnik weiterhin ein unentbehrliches Rüstzeug des Ingenieurs. In diesem Buch werden die klassischen Grundlagen unter verallgemeinerten modernen Gesichtspunkten dargelegt. Besonderer Wert wurde auch auf didaktische Aufbereitung gelegt. Einfache, treffende Illustrationen helfen der oft doch recht abstrakten verbalen Erklärung und passen sich so der Betrachtungsweise des Ingenieurs besser an.

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Leipziger Frühjahrsmesse 1990

Erzeugnisse der Elektroindustrie der DDR

Energieökonomie bei VEM-Elektromaschinen

Alle Aspekte des Messethemas
„Energie — Umwandlung, Verteilung, industrielle Anwendung — Energieökonomie"
betreffen die Elektromaschine direkt:
Zweifellos muß, wer über Energieökonomie spricht, auch über elektrische Maschinen reden, die weltweit mehr als 50 % der erzeugten Elektroenergie beanspruchen. Das Thema Elektromaschinen wiederum führt nicht vorbei an den 300 Millionen VEM-Elektromaschinen, die der VEB Kombinat Elektromaschinenbau bisher produzierte und von denen gut 100 Millionen Stück seit Jahrzehnten stabil in fast 50 Länder direkt exportiert und in weit über 100 Länder als oftmals funktionsbestimmender Bestandteil von DDR-Maschinen und -Anlagen geliefert wurden. Die Energieökonomie ergibt sich beim Elektromotor aus seinem Wirkungsgrad. VEM-Elektromaschinen sind u. a. wegen ihres günstigen Masse-Leistungs-Verhältnisses und dem sich daraus ergebenden hohen Wirkungsgrad begehrt und bevorzugt.

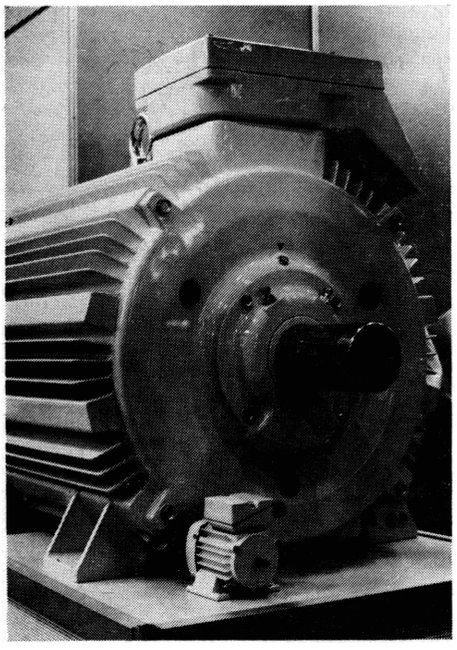


Bild 1. VEM-Standardmotoren

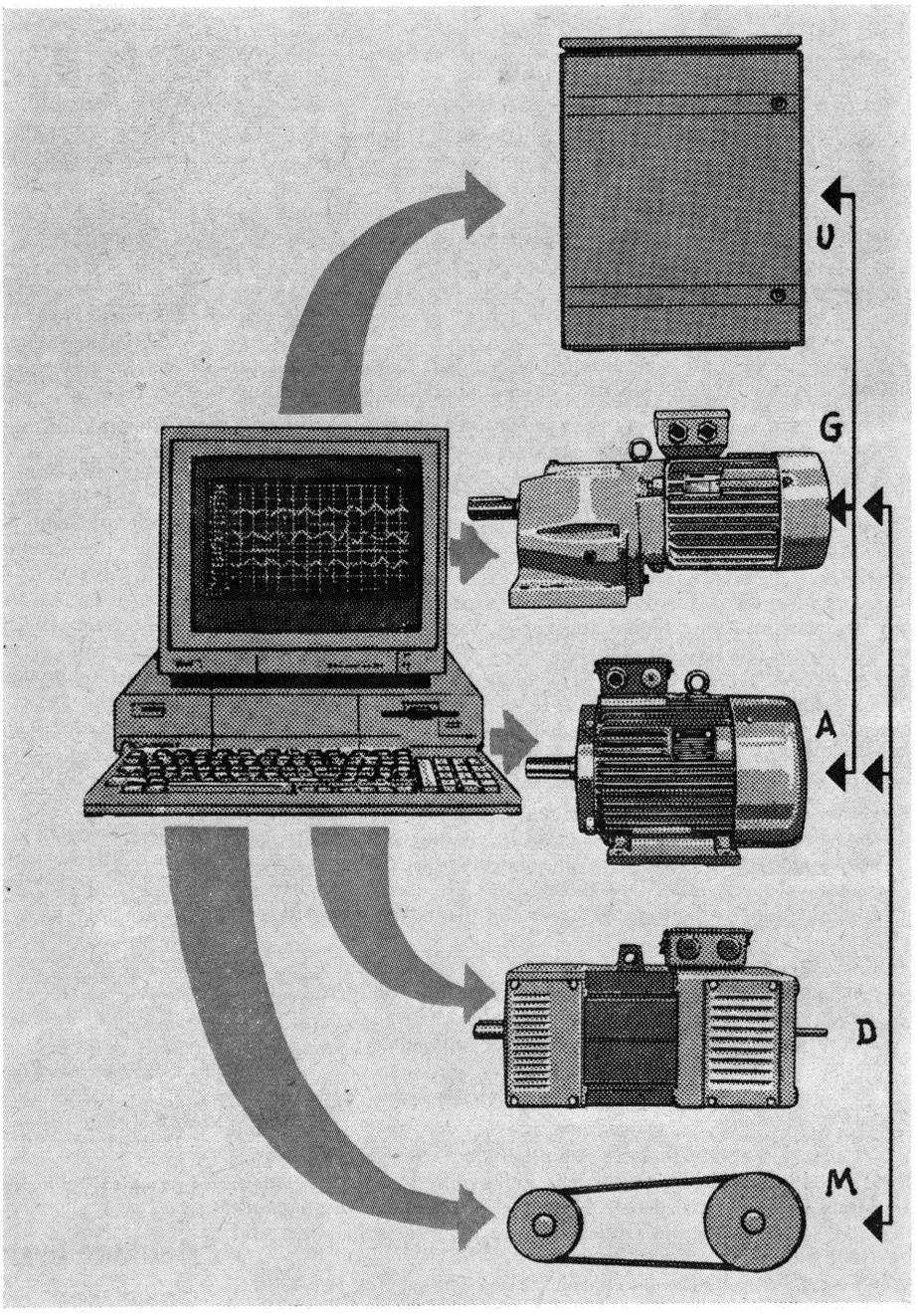


Bild 2. Komponenten der Projektierungs-Software

Neue Bausteine kundenspezifischer Antriebslösungen bestimmen auch in diesem Jahr das Messeangebot des Kombinates Elektromaschinenbau. Dazu gehören VEM-Standardmotoren mit weiter deutlich verbesserten energieökonomischen Parametern in einzelnen Anwenderbereichen. So steht beispielsweise nunmehr komplett in 10 Baugrößen die 4. Generation dieser Maschinen aus dem VEB Elektromotorenwerk Wernigerode zur Verfügung (Bild 1). Neben erheblicher Geräuschminderung (4 bis 15 dB) und erhöhtem Schutzgrad (Zuverlässigkeit) hat sie einen gesteigerten Wirkungsgrad und eine weitaus höhere Wärmebeständigkeit und damit gleiche Leistung bei geringerem Energieaufwand. Allein in diesem Fall treten eine Verdoppelung der Zuverlässigkeit und die Erhöhung der Lebensdauer um 20000 Betriebsstunden auf 90000 h ein.
Die durchgängige Anwendung des neuen energieoptimierten VEM-Kühlschrankmotors aus dem Kombinatsstammbetrieb ermöglicht die Einsparung des jährlichen Energiebedarfs einer Industriekreisstadt wie Riesa.
Außer solchen auf direkte Energieökonomie zielenden Lösungen liegt ein Schwerpunkt des Messeangebots des Kombinates Elektromaschinenbau 1990 u. a. auf dem attraktiven Angebot von VEM-Antriebssoftware. Ihm liegt die Überlegung zugrunde, daß die Mehrzahl der in den Volkswirtschaften eingesetzten Elektromotoren, und das sind hinsichtlich der von ihnen bewältigten Antriebsleistung in erster Linie Asynchronmotoren im Niederspannungsbereich, nicht voll ausgelastet ist. Alle Analysen, die für

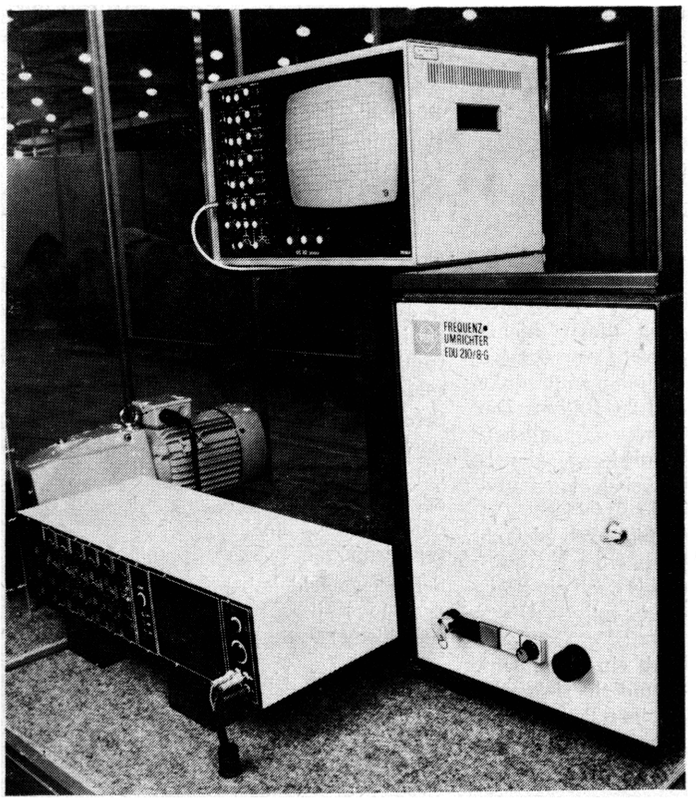


Bild 3. VEM-Frequenzumrichter

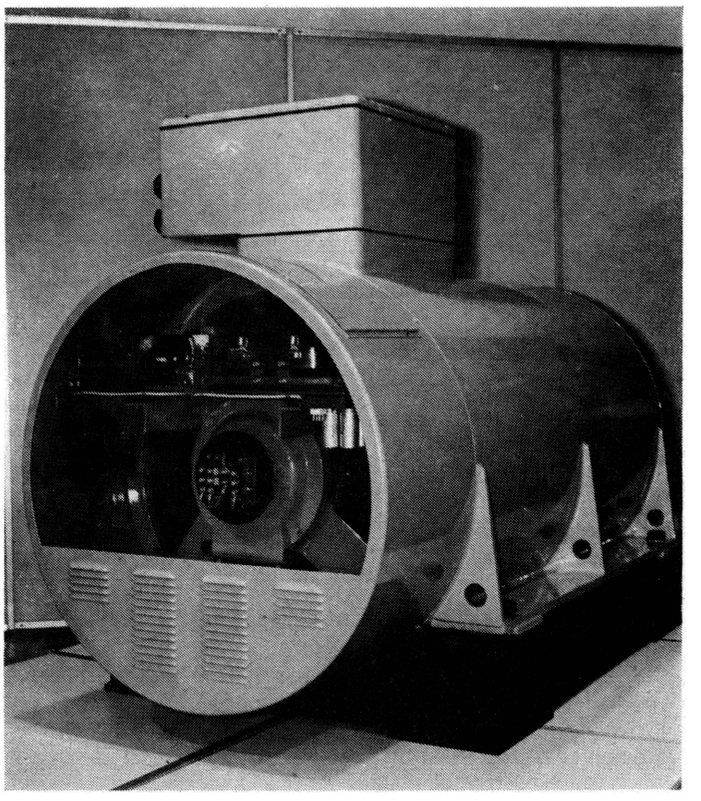


Bild 4. VEM-Drehstrom-Synchrongenerator

moderne Industriestaaten hierzu gemacht wurden, weisen eine durchschnittliche elektrische Belastung von etwa 60% im Verhältnis zur Nennleistung der Motoren aus.

Alle dafür angeführten Gründe rechtfertigen nicht den derzeit im Antriebspotential einer beliebigen Volkswirtschaft steckenden unvertretbar hohen Aufwand an Material und Arbeitsvermögen im Verhältnis zu seiner Nutzung und natürlich erst recht nicht die Verschwendung von Elektroenergie für die Herstellung solcher Materialmengen. Unter diesem Gesichtspunkt ist das Angebot von VEM-Projektierungssoftware ebenfalls ein Beitrag zur Energieökonomie, weil es eine Minimierung des Bedarfs an Elektromotoren und damit die Einsparung bedeutender volkswirtschaftlicher Ressourcen ermöglicht.

Auf der Grundlage von bereits in den 60er und 70er Jahren gesammelten Erfahrungen bei der Anwendung maschineller Berechnungsmethoden entstand im VEB Kombinat Elektromaschinenbau frühzeitig ein Angebot für die computergestützte antriebsgerechte Auswahl von VEM-Drehstromstandardmotoren. 1986 anläßlich der Industriemesse Hannover zum ersten Mal international vorgestellt, wurde es inzwischen erheblich erweitert, nicht zuletzt stimuliert durch die überraschend hohe Nachfrage nach Lizenzen. Das einfach handhabbare und dem Bedürfnis der Anwender nach umfassender Beratung durch den Hersteller weitestgehend entgegenkommende Angebot an VEM-Projektierungssoftware umfaßt heute bereits nicht mehr nur den Motor. Expertenwissen einer mehr als einhundertjährigen technischen Erfahrung als Elektromotorenproduzent ist in die Software-Komponenten für VEM-Drehstromstandardmotoren, VEM-Stirnradgetriebemotoren, VEM-Gleichstrommaschinen, VEM-Frequenzumrichter und für mechanische Übertragungselemente eingeflossen (Bild 2). Mit Hilfe dieser Projektierungssoftware — und das wird unmittelbar am Messestand demonstriert — kann der Kunde nicht nur *eine*, sondern *seine* optimale Antriebsvariante aus dem Angebot auswählen und damit Zeit, Geld, Material, Platz und Energie sparen.

Schließlich werden Energieeinsparungen in volkswirtschaftlich bedeutsamen Größenordnungen (im Einzelfall bis zu 20%) ermöglicht durch das Angebot von VEM-Frequenzumrichtern, die eine Drehzahlstellung bei den in großen Stückzahlen eingesetzten Drehstrom-Asynchronmaschinen ermöglichen. Mehrere Anwendungsbeispiele werden gezeigt und die energieökonomischen Effekte ausgewiesen (Bild 3). Über dieses speziell dem konkreten Messethema zugewandte Exponateprofil hinaus stellt der VEB Kombinat Elektromaschinenbau VEM-Drehstromstandardmotoren aus Thurm, VEM-Einphasenmotoren aus Grünhain, VEM-Stirnradgetriebemotoren aus Schneeberg, VEM-Schleifringläufermotoren aus Dessau und VEM-Gleichstrommaschinen aus Heidenau sowie VEM-Elektrohydraulische Betätigungsgeräte aus Oschersleben aus. Zur vorgestellten Antriebstechnik gehören darüber hinaus ein VEM-Diesel-Elektroaggregat, ein mikrorechnergesteuerter VEM-Drehstrom-Synchrongenerator (Bild 4) und ein VEM-Dieselgenerator.

Erstmalig wird in Messehalle 18 auch die große Verantwortung des Kombinates Elektromaschinenbau für den Konsumgüterbereich im Komplex an einer Vielzahl von Anwendungsfällen gezeigt. Über die Hälfte der Jahresstückzahl von 11 Millionen Elektromaschinen kommt dieser Branche zugute. Dafür setzt das Kombinat ein Fünftel seiner Warenproduktion ein. Mit dem Messeangebot 1990 wird erneut deutlich gemacht, welche hohe volkswirtschaftliche Verantwortung der Zulieferzweig für ausnahmslos alle Bereiche der Wirtschaft hat und wie er sich dieser Aufgabe stellt.

H. Müller, Dresden EA 4086

KWO

Kombinat VEB Kabelwerk Oberspree (KWO) „Wilhelm Pieck"

Im Mittelschiff der Halle 18 der Technischen Messe repräsentiert sich das Kombinat mit etwa 130 ausgewählten Exponaten. In 4 thematischen Darstellungskomplexen werden folgende Erzeugnisgruppen in Anwendungsfällen gezeigt:

— Starkstromkabel und -garnituren
— Lichtwellenleitertechnik
— HF-Kabel in Großgemeinschafts-Antennenanlagen
— Bandleitungen.

Das volkswirtschaftlich bedeutende Kombinat der Zulieferindustrie hat sich auf ein hohes Qualitätsniveau in der Produktion und bei den Erzeugnissen eingestellt. Charakterische Merkmale sind:

— Transparenz aller Qualitätssicherungsmaßnahmen zur Vertrauensbildung bei den Abnehmern und den unabhängigen Prüforganisationen im Zusammenhang mit Approbationen und Zertifizierungen
— Einhaltung der internationalen Standards, der regionalen Standards, insbesondere der Europanorm, Berücksichtigung nationaler Besonderheiten
— Orientierung auf die Bedürfnisse und Wünsche der Kunden.

Mit modernen Fertigungstechnologien und einem umfassenden System fertigungsbe-

gleitender Qualitätssicherung wird das an der ISO 9000-9004 orientierte Qualitätssicherungssystem des Kombinats umfassend durchgesetzt.
In direkter Zusammenarbeit zwischen Forschung/Entwicklung und den Produzenten einerseits und den Anwendern der Kabelerzeugnisse andererseits werden neue wissenschaftlich-technische Lösungen als Innovationen in die Praxis eingeführt. Ausdruck dessen ist eine permanente Aktualisierung der Gebrauchseigenschaften vieler Erzeugnisse, die sich in erhöhter Übertragungsleistung, Reduzierung der spezifischen Verluste, Erhöhung der Kurzschlußfestigkeit, Senkung des Montage- und Wartungsaufwandes, Verbesserung des Masse-Leistungs-Verhältnisses u. a. widerspiegelt.
In Übereinstimmung mit den wissenschaftlich-technischen Hauptentwicklungslinien ist ein ständig breiter werdendes Sortiment von Starkstromkabeln mit einer Isolierung aus vernetztem Polyethylen (VPE-Kabel) im Messeangebot zu finden. Alle VPE-Kabel ermöglichen durch die hohen zulässigen Betriebstemperaturen von 90 °C für den Normalbetrieb und 130 °C für den Störlastbetrieb hohe Übertragungsleistungen für Dauerlast- oder Havariefälle. Im Kurzschlußfall bieten maximal zulässige Temperaturen von 250 °C für den Leiter und 350 °C für den Cu-Schirm eine hohe Sicherheit. Die hervorragende Qualität der VPE-Kabel ist außerdem durch

— geringe dielektrische Verluste
— hohe elektrische Sicherheit
— einfache Montage
— universelle Einsetzbarkeit in Innenräumen, im Freien, in der Erde, im Grundwasser sowie in Trassen mit großen Höhenunterschieden gekennzeichnet.

Den Wünschen der Abnehmer entsprechend wird ein Teil des Starkstromkabelsortiments auch in der traditionellen Ausführung mit Papier-Masse-Isolierung und Metallmantel angeboten. In dieser Erzeugnisgruppe sind die tropenfesten Haftmassekabel (Non-draining-Kabel), die seit Jahren für den Nennspannungsbereich 1 bis 45 kV nach internationalen Standards (IEC 55-2, BS 6480) oder nach Kundenspezifikation gefertigt und geliefert werden, besonders gefragt. Die Kabel erhalten vorzugsweise korrosionsbeständige Blei- oder Bleilegierungs-Mäntel und korrosionsbeständige Stahldraht-Bewehrungen. Sie werden durch Plastschutzhüllen wirksam gegen schädigende äußere Einwirkungen in allen Klimagebieten geschützt. Die durch einen hohen Tropfpunkt gekennzeichnete vollsynthetische Haftmasse verleiht der Papierisolierung sehr gute elektrische Eigenschaften bei einer hohen Alterungsstabilität. Wegen ihrer speziellen Eigenschaften können Nondraining-Kabel auch in Kabeltrassen mit großen Niveaudifferenzen und in Einsatzgebieten mit hohen Umgebungstemperaturen eingesetzt werden. Sie sind z. B. in tropischen Klimagebieten die technisch zuverlässigste und bewährteste Lösung.
Seit 1988 werden Lichtwellenleiterkabel für den Wellenlängenbereich 1,3 µm produziert. Das Sortiment umfaßt

— Lichtwellenleiterkabel mit 4, 8 und 12 Hohladern
— Bündeladerkabel mit bis zu 60 Lichtwellenleitern.

Hierbei handelt es sich um Erd- und Röhrenkabel mit folgenden konstruktiven Merkmalen:
— Gelgefüllte Hohl- und Bündeladern vorwiegend metallfreier Aufbau
— Längswasserdichtigkeit
— Nagetierschutz für spezielle Kabel
— Kennzeichnung mit Symbolen und fortlaufende Metermarkierung auf dem äußeren Aufbauelement.

Die optischen Werte entsprechen den IEC-(794-2)- und den CCITT(G-651)-Empfehlungen. Die Dämpfung dieser Lichtwellenleiter liegt im Bereich von 0,8 bis 2,0 dB/km, das Bandbreitelängenprodukt im Bereich von 0,2 bis 1,2 GHz/km. Die mechanischen Eigenschaften ermöglichen das Legen großer Längen mit konventioneller Technologie sowohl in Kabelanlagen und Röhren als auch direkt im Erdreich.
Mit dem Sortiment der Lichtwellenleiterkabel ist eine Vielzahl von Übertragungsaufgaben lösbar. Es ist damit auch die Basis für den Einsatz von hochkanaligen Übertragungssystemen geschaffen.
Zur Komplettierung wird ein Sortiment von Garnituren, Muffen und Spezialwerkzeugen angeboten. Ein in seinen Parametern verbessertes Schweißgerät zum Verbinden von Lichtwellenleitern steht zur Verfügung.

Schiffskabel
mit vernetzter Polyethylenisolierung

Der Elektrifizierungs- und Automatisierungsgrad auf modernen Schiffen ist stetig steigend. Daraus ergeben sich neue Anforderungen an das Schiffskabelnetz (Stromversorgung, Meß-, Steuer- und Regeltechnik, Informationsübertragung). Bedingt durch die Überarbeitung entsprechender IEC-Empfehlungen wurde im Kombinat eine neue Generation von Schiffskabeln entwickelt. Die traditionell zum Einsatz kommenden PVC-isolierten Schiffskabel wurden durch Kabel mit vernetzter Polyethylenisolierung abgelöst.
Die neuen Schiffskabel sind durch einen mehrdrähtigen Leiter, der den Schwingungsbeanspruchungen und Biegebarkeitsanforderungen auf Schiffen gerecht wird, gekennzeichnet.
Die Ablösung der PVC-Isolierung durch eine vernetzte Polyethylenisolierung erhöht die Gebrauchswerteigenschaften der nach der TGL 45015 hergestellten Kabel. Durch die Anhebung der Leitergrenztemperatur von 75 °C auf 85 °C steigt die Strombelastbarkeit. Für bestimmte Einsatzvarianten im Schiffbau ergeben sich daraus Masseeinsparungen.
Gleichzeitig hat die Isolierhülle der neuen Erzeugnisse einen wesentlich höheren spezifisch elektrischen Widerstand. Diese Gebrauchswerterhöhung ist für die Betriebssicherheit unter dem Gesichtspunkt der Vergrößerung der Kabelnetze bedeutsam
Den internationalen Anforderungen nach Kabeln mit höheren Sicherheitseigenschaften folgend, wurden Mischungen für die gemeinsame Aderumhüllung und für den Außenmantel entwickelt, die eine Flammwidrigkeit nach IEC 332-3 gewährleisten. Die erhöhte Flammwidrigkeit führt beim Betreiber zu einer hohen Betriebssicherheit und beim Hersteller der Schiffe zu Einsparungen durch Wegfall von Feuersperren in den Kabelanlagen.

Die geringe Masse der neuen VPE-Schiffskabel trägt dem Trend nach genereller Reduzierung der Massen von Einbauten und Ausrüstungen auf Schiffen Rechnung.
Für die VPE-Schiffskabel liegen Approbationen durch die DSRK, den Germanischen Lloyd und das Register der UdSSR vor.
Die VPE-Schiffskabel werden in folgenden Ausführungen gefertigt:

Typ	Querschnittsbereich in mm²
Schiffsstarkstromkabel rund (geschirmt/ungeschirmt)	0,75 bis 240
Schiffsstarkstromkabel flach	1 bis 2,5
Schiffsfernmeldekabel adrig verseilt (mit und ohne Einzeladerschirm, geschirmt)	0,5 bis 1,0
Schiffsfernmeldekabel paarig verseilt (geschirmt)	0,5 und 0,75

Grundsätzlich sind diese Kabel auch für den Einsatz in anderen Geräten und Anlagen mit erhöhten Sicherheitsanforderungen bzw. Beanspruchungen geeignet.

ND-Kabel
PLY(SL)SSA/PVC 3 × 400 18/30 kV

Aus dem Sortiment der Non-draining-Kabel sind insbesondere bei großen Kabelabmessungen Ausführungen des Kombinats mit zugfester Flachdraht-Bewehrung eine technisch interessante und materialökonomische Weiterentwicklung.
Bei den Dreimantelkabeln des Typs PLY(SL)SSA/PVC 18/30 kV verringert sich durch die Stahlflachdraht-Bewehrung (SSA) anstelle der vielfach üblichen Stahlrunddraht-Bewehrung (SWA) der Materialeinsatz für die Bewehrung um bis zu 40 % bei praktisch gleichbleibender zulässiger Zugkraft der Kabel. Außerdem haben diese Kabel geringere Gesamtmassen und Durchmesser und ermöglichen somit in Grenzfällen größere Lieferlängen. Vom Kombinat VEB Kabelwerk Oberspree „Wilhelm Pieck" wurden bereits in großem Umfang ND-Kabel (Dreimantelkabel) PLY(SL)SSA/PVC 3 × 400 (Cu) 18/30 kV in Lieferlängen von 400 m gefertigt und geliefert.
Diese Kabel erhalten eine zugfeste korrosionsgeschützte Stahlflachdraht-Bewehrung und eine PVC-Schutzhülle mit leitfähiger Schicht zur elektrischen Prüfung der äußeren Schutzhülle nach der Legung auch in trockenen Bettungsmedien. Sie ermöglichen während und bei Bedarf auch nach der Legung hohe Zugkräfte und können im Dauerbetrieb mit Temperaturen von 65 °C und in Havarielastfällen bis zu 100 h/a mit Temperaturen von 85 °C betrieben werden; bei Kurzschlüssen sind Leitertemperaturen bis 150 °C zulässig.
Mit diesen guten Gebrauchseigenschaften und Anwendungsparametern garantieren die ND-Kabel PLY(SL)SSA/PVC eine hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit auch bei Kabeltrassen in Gebieten mit feucht warmem Klima, bei extremer Beanspruchung durch hohe Umgebungstemperaturen, großen Niveaudifferenzen, korrosiven Umgebungseinflüssen sowie ständiger Feuchtigkeitseinwirkung.

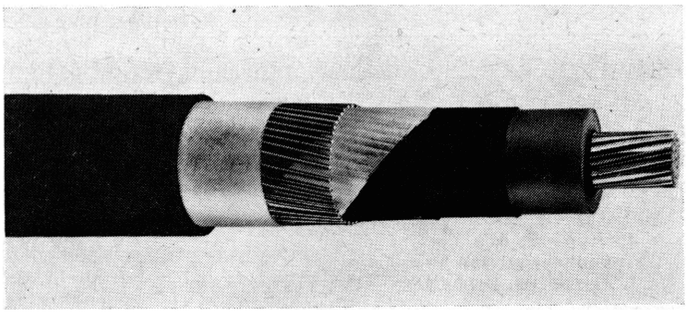


Bild 1. NA2XS(F)2Y, YPE — Mittelspannungskabel mit längswassergeschütztem Schirm

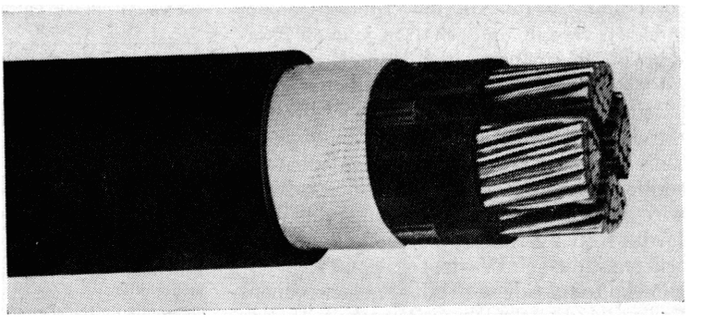


Bild 2. AXMK, VPE-Kabel 1 kV

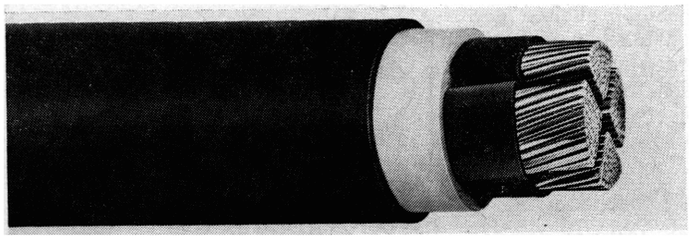


Bild 3. SE-N1XV, VPE-Kabel 1 kV

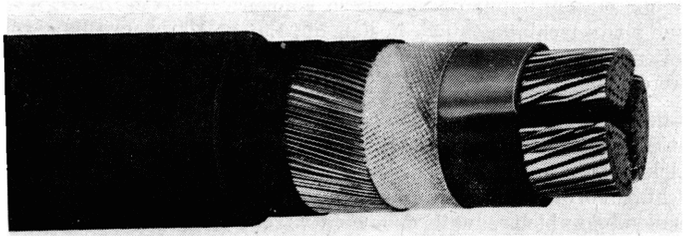


Bild 4. TFSQ, VPE-Kabel 1 kV

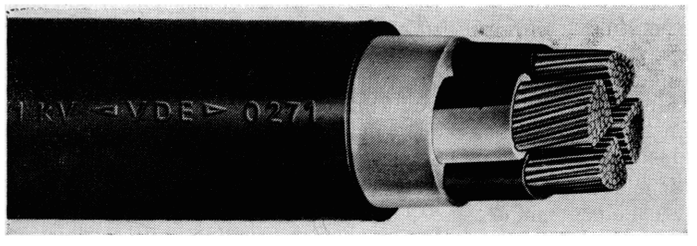


Bild 5. NYY, PVC-Kabel 1 kV

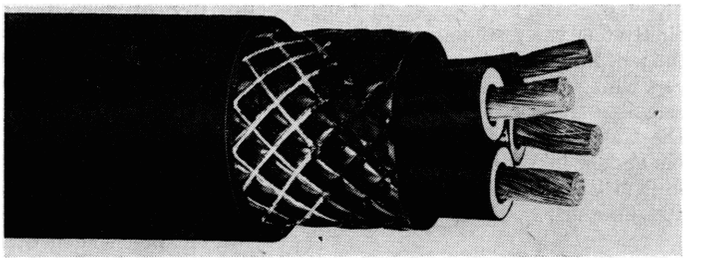


Bild 6. NTSCE2Töut, Leitungstrosse mit EPR-Isolierung 3,6/6 kV

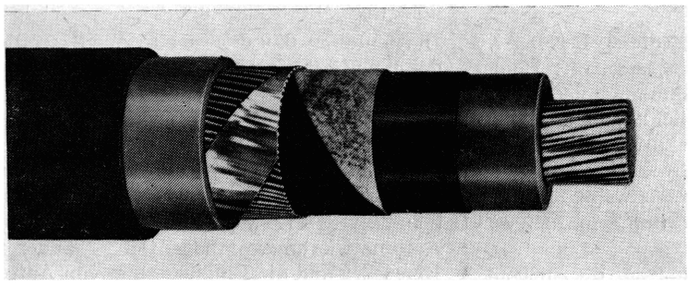


Bild 7. AXCE, Längswasserdichtes VPE-Mittelspannungskabel 7/12 kV

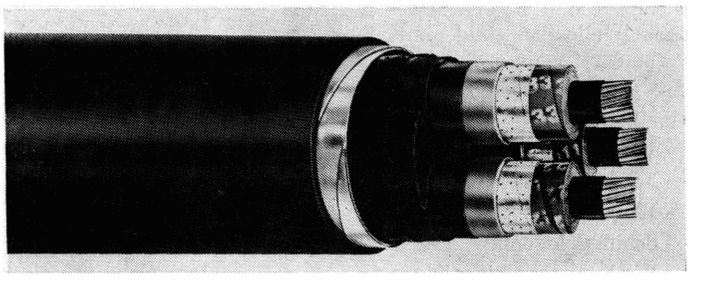


Bild 8. PILC(SL)STA/PVC, Non-draining-Kabe

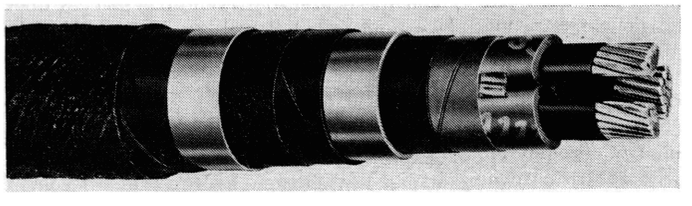


Bild 9. PLYSTAS, Non draining-Kabel 6,35/11 kV

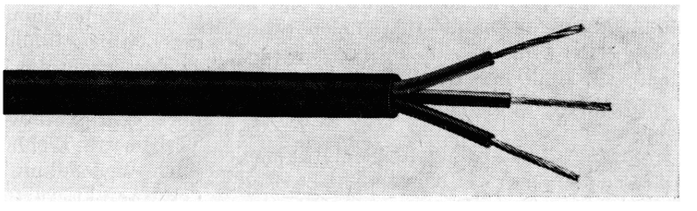


Bild 10. HOSVV-F3G 1,5, Plastschlauchleitung

Längswasserdichtes Dreileiter-VPE-Mittelspannungskabel AHXCMK-PE/W 3 × 185 + 3 × 25 Cu 12/20 kV i. A. IEC 502

Bei der Legung und beim Betrieb von VPE-isolierten Mittelspannungskabeln sind mechanische Beschädigungen des Kabelmantels nicht völlig auszuschließen, so daß ein Eindringen von Wasser in das Kabel nicht verhindert werden kann.

Um das Kabel bei Feuchtigkeitseinwirkung und elektrischer Beanspruchung nicht einem erhöhten Risiko von Watertree-Bildung auszusetzen, werden seit 1987 längswasserdichte Kabelkonstruktionen für Einleiter-Kabel und Dreileiter-Kabel hergestellt. Letztere sind jedoch durch den Einsatz von quellfähigen Vliesmaterialien im gesamten Kabelaufbau, d. h. Abdichtung der Zwickelflächen und Abdichtung unterhalb und oberhalb des gemeinsamen konzentrischen Schirmes mit großem Aufwand verbunden.

Die neuentwickelte Dreileiterkonstruktion besteht aus einem in jeder Drahtlage mit Quellpulver gefüllten längswasserdichtem, mehrdrähtigen, runden, verdichteten Leiterseil. Über jeden Leiter wird durch Dreifachextrusion die Leiterglättung, hochreine VPE-Isolierung und äußere Feldbegrenzungsschicht aufgebracht.

Der längswasserdichte konzentrische Cu-Runddrahtschirm wird durch eine kombinierte leitfähige und nichtleitfähige Quellvliesbänderung unterhalb und eine durchgängige nichtleitfähige Quellvliesbänderung oberhalb sowie einem darüber extrudierten Außenmantel aus Polyethylen realisiert.

Drei ummantelte Adern werden zu einem Aderseil verseilt und erhalten je nach Kundenwunsch einen zweiten Mantel aus PVC oder Polyethylen. In diesem Fall erfolgt zusätzlich eine Ausfüllung der Zwickelräume durch geeignetes Füllmaterial.
Durch Einsatz der beschriebenen längswasserdichten Leiter- und Schirmkonstruktion wird zuverlässig eine Ausbreitung von Wasser im Kabel verhindert. Neben diesen Vorteilen hat die neue Variante gegenüber Dreileiterkonstruktionen mit gemeinsamem konzentrischen Schirm weitere Vorteile wie:

— höhere mechanische Sicherheit durch den zweiten gemeinsamen Außenmantel

— die einzeln ummantelten Adern können zur Endverschlußmontage in den für Einleiterkabel üblichen Biegeradien gebogen werden.

Ein entscheidender Vorzug der Kabel besteht weiterhin darin, daß im Fall einer elektrischen Störung am Kabel der Durchschlag auf die betroffene ummantelte Ader beschränkt bleibt, weil der Fehlerstrom zwischen Hauptleiter und Cu-Drahtschirm fließt. Damit sind elektrische und thermische Beeinträchtigungen ausgeschlossen.

Durch moderne Fertigungstechnologien und ein System von fertigungsbegleitenden Prüfungen, Zuverlässigkeits- und Stückprüfungen wird eine hohe Qualität der Kabelerzeugnisse erreicht.
Die Kabel sind universell in Innenräumen, im Freien, in Erde, im Grundwasser sowie in Kabelanlagen mit großen Höhendifferenzen einsetzbar.

Flachbandleitungen

Die im Kombinat hergestellten Flachbandleitungen sind besonders für die Kontaktierung mit Schneidklemmtechnik (Steckverbinder) geeignet.
Anwendungsbereiche:

— Mikroelektronik
— Video-Audio-Technik
— Nachrichtenelektronik
— Medizintechnik
— Schiffselektronik
— Werkzeugmaschinenbau.

Sie sind im Fachbereichsstandard der DDR TGL 24451/Blätter 19 und 20 standardisiert und entsprechen in ihrem Aufbau und in ihren Abmessungen internationalen Standards (IEC 918). Flachbandleitungen sind kompatibel mit den Steckverbindern aller Produzenten nach entsprechender DIN-Norm.
Der Leiter besteht aus Elektrolytkupfer. Die Eigenschaften des Kupfers entsprechen DIN 40500 Teil 5, Kupfer galvanisch verzinnt, Verzinnungsklasse V 3 mit einer Zinnschichtdicke 1,0 bzw. 2,0 µm. Die Prüfung und Beurteilung der Qualität der eingesetzten Drähte erfolgt nach DIN 32506 bzw. IEC 68-2-20 (Prüfung der Benetzungseigenschaften).
Die Isolierung besteht aus Polyethylen, flammwidrig, das die Bedingungen der IEC 950, Entflammbarkeitsklasse V-2 erfüllt. Diese Mischung ist physiologisch unbedenklich, nicht aggressiv gegenüber anderen Materialien und hat keine Chlorwasserstoff (HCl)-Abspaltung. Die Bandleitungen BFY haben eine weich eingestellte PVC-Mischung.

Tafel 1. Technische Daten von Flachbandleitungen

Typ	B2Y	BLi2Y	B2Y	BFY	
Leiteremittenabstand	1,25	1,25	1,27	2,50	mm
Aderanzahl	26	26	10, 20, 26 31, 40, 60	2, 3, 5, 9, 12	
maximale Betriebswechselspannung	250	250	250	250	V
maximale Betriebsgleichspannung	350	350	350	350	V
maximaler Betriebsstrom	0,5	0,5	0,5	1,0	A
Leiternenndurchmesser	0,32	0,32	0,32	0,50	mm
Leiternennquerschnitt	0,09		0,2		mm²
Leitermaterial	Cu-Draht, galvanisch verzinnt				
Isolierhülle	Polyethylen, flammwidrig		PVC		
maximale Betriebskapazität bei 800 Hz Wellenwiderstand	40 etwa 120	40 etwa 120	40 etwa 120	50	pF/m

Die Isolierung ermöglicht ein Falten der Leitung unter einem Winkel von 180°. Flachbandleitungen werden in Einzelkartonverpackung (Lieferlänge nach Kundenwunsch) angeboten. Siehe Tafel 1.

Anschlußleitung
10/16 A; 250 V; Kl. I; IP 41

Mit der Anschlußleitung 10/16 A; 250 V; Kl. I; IP 41 vervollständigt das Kombinat seine Erzeugnispalette konfektionierter Starkstromleitungen für elektrische Geräte, deren Einsatz und Nutzung unter Einwirkung von Wasser erfolgt, z. B. bei Waschmaschinen, Wäscheschleudern, Heißwasserspeichern u. ä. Diese Anschlußleitung entspricht den internationalen Vorschriften und Anforderungen an ein modernes Design.
Der Kupplungsstecker ist mit einem Dichtring versehen, der in Verbindung mit der entsprechenden Steckdose, das Eindringen von Feuchtigkeit in den Funktionsbereich der Steckverbindung verhindert und somit den angegebenen Wasserschutzgrad garantiert.
Die Geräteanschlußseite dieser Leitung ist den Kundenforderungen angepaßt. Neben den standardisierten Abmantellängen können verschiedene Möglichkeiten zur zinnfreien Kontaktierung realisiert werden, wie sie seit längerem international vorgeschrieben sind, Aderenden verschweißt oder mit Anschlagelementen (Crimptechnik) versehen.
Die Gebrauchseigenschaften der neuentwickelten Leitungen werden bei Einhaltung elektrischer Werte im wesentlichen durch die Biegefestigkeit sowie die Kontaktsicherheit bestimmt. Die neue Gestaltung der Leitungseinführung in den Kupplungsstecker erhöht die Biegezahl bis zum Bruch in diesem Bereich auf das Doppelte gegenüber dem Normwert (10000 Biegungen). Verbesserte Technologien bei der galvanischen Behandlung der Steckerstifte sowie der Kontaktierung der Aderenden mit den Kontaktteilen erhöhen die Lebensdauer.
Je nach Anschlußwert werden die Leitungen mit den Aderquerschnitten 0,75; 1,00 oder 1,5 mm² geliefert.
Charakteristisch für den neuen Schutzkontaktstecker ist darüber hinaus die Formgebung analog der Gestaltungsvariante der Kupplungsstecker der Kl. II.
Damit wird ein weiteres wichtiges Erzeugnis im typischen modernen Design des VEB Kabelwerk Kranichfeld angeboten, das den ästhetischen Wünschen der Gerätehersteller und Kunden der Finalerzeugnisse entspricht.

Chr. Henke, Berlin EK 4103

EAW — electronic in der Anwendung

Die EAW-electronic hat sich mehr und mehr zu einer Haupterzeugnislinie im Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin-Teptow „Friedrich Ebert" entwickelt und gewinnt mit der weiteren Automatisierung in allen Bereichen der Wirtschaft zunehmend an Bedeutung. Daher ist es selbstverständlich, daß das Kombinat zur Leipziger Frühjahrsmesse 1990 mit seinen Exponaten Beweise seiner Leistungskraft sowie seiner hohen Flexibilität bei der Anwendung der Erzeugnisse zur Automatisierung kontinuierlicher und diskontinuierlicher technologischer Prozesse zeigt.

Die modulare Bauweise der EAW-electronic dokumentiert den separaten Einsatz der Erzeugnisse ebenso wie die Kopplung zu hierarchisch strukturierten Anlagensystemen. Es kann damit eine optimale Anpassung an technologische Prozesse erreicht werden. Mit den international üblichen Schnittstellen ist auch die Einbindung von Automatisierungskomponenten anderer Hersteller und die Eingliederung von Automatisierungslösungen der EAW-electronic in Komplexvorhaben möglich.

Um diese breite Anwendungspalette überzeugend unter Beweis zu stellen, wird das Kombinat zur Leipziger Frühjahrsmesse 1990 neben dem bewährten universellen Programmier- und Entwicklungssystem EAW-electronic **P 8000 compact** vielseitige Applikationsbeispiele zeigen. Am Beispiel der selbständigen Prüfung des Rechnermoduls im **EMR-Emulator** wird das Zusammenwirken des EAW-electronic P 8000 compact mit dem Emulator zur Hard- und Softwaretestung bei der Inbetriebnahme bzw. Prüfung von EMR-Konfigurationen demonstriert.

Das prozeßnahe **Steuerungs- und Regelungssystem EAW-electronic S 2000** wird im Zusammenhang mit einer Montage- und Prüfstrecke mit integrierter Transportverknüpfung für elektronische Erzeugnisse und zur Steuerung eines Industrieroboters für den Einsatz bei ausländischen Partnern gezeigt. Die vielfältigen Verflechtungen der Erzeugnisse des Kombinates macht auch die Darstellung des EAW-electronic P 8000

compact als Abteilungsrechner mit einem Personalcomputer des Kombinates Robotron für eine Patientenkartei sowie mit dem ICA 710.30 vom Kombinat Automatisierungsanlagenbau zur komplexen Gewächshausautomatisierung sichtbar.
Zum Umweltschutz wird unter der Bezeichnung „telesmok" aus Komponenten der EAW-electronic und Primärdatenmeßtechnik ein flächendeckendes Meßnetz zur Schadstofferfassung dargestellt.
Mit diesen Beispielen wird sichtbar, daß die Weiterentwicklung der Systeme und Geräte des Kombinates für die „EAW-electronic in der Anwendung" weitere zukunftsorientierte Vorhaben der Automatisierungstechnik zur Realität werden lassen.

M. Wachtmann, Berlin EK 4110

NARVA

Kombinat VEB Narva „Rosa Luxemburg"

Mit NARVA in eine lichte Zukunft

WAS BIETEN WIR ?

Licht für jeden Anspruch, Licht für das individuelle Bedürfnis, Licht für Sie.

WAS PRODUZIEREN WIR?

Lichtquellen und Leuchten vom klassischen stilgetreuen bis hin zum abstrakten Design.
Dazu gehören unter anderem Allgebrauchs-, Zweck- und Zierformlampen, Reflektor-, Halogenglühlampen und Kompaktlampen sowie Wohnraum-, Arbeitsplatz- und Straßenleuchten, Bühnenscheinwerfer, Strahler, Taschenleuchten, Lichtketten und Lichtsysteme.

WAS KÖNNEN WIR?

NARVA entwirft, projektiert, gestaltet und installiert Beleuchtungsanlagen für spezielle Kundenwünsche.
Entsprechende Serviceleistungen sind selbstverständlich.
NARVA präsentiert sich zur Leipziger Frühjahrsmesse 1990 im Handelshof, 3. Etage mit neuen und weiterentwickelten Erzeugnissen. Ein besonderes Bonbon ist die in Fachkreisen schon jetzt vielbeachtete Bausparleuchte. Sie basiert auf der energieeffektiven Lichtquelle NARVALUX elektronic mit integriertem Vorschaltgerät und Schraubsockel. Die Leuchte besteht aus einem ellipsenförmigen Plastfuß mit aufgesetztem Glaskörper, der in den verschiedensten Varianten angeboten wird. Die Anwendungsbereiche sind vielseitig. Gehalten in einem sachlichen Design kann das Erzeugnis als Wand- oder Deckenleuchte in Wohnräumen, Treppenhäusern und Gesellschaftsbauten eingesetzt werden (Bilder 1 und 2).
Auch die farbverbesserten, energieökonomischen Natriumdampf-Hochdrucklampen (Bild 3) wird NARVA zur Messe offerieren. Sie eignen sich besonders für die Beleuchtung von Straßen, Bahnhöfen und Sporthallen.
Das Produkt wird in zwei neuen Varianten angeboten, mit 150 und 400 W Nennleistung. Nicht zuletzt beweisen diese Exponate, daß das Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg" auch großen Wert auf Umweltfreundlichkeit legt.
Informieren Sie sich — wir erwarten Ihren Besuch auf unserem Messestand!

U. Prehn, Berlin EK 4113

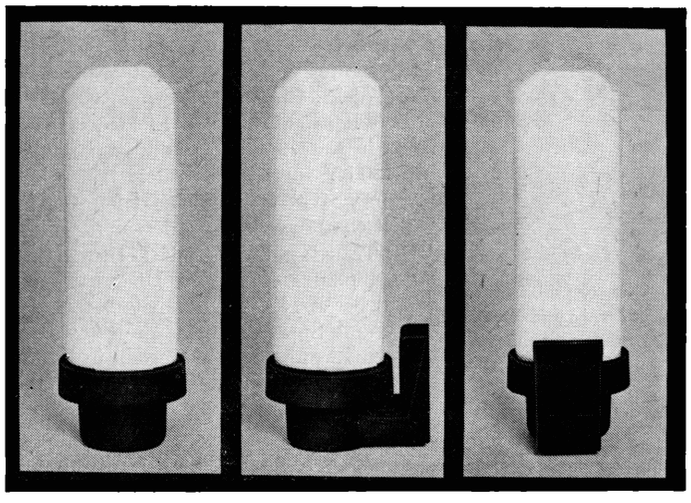


Bild 1. Bausparleuchte

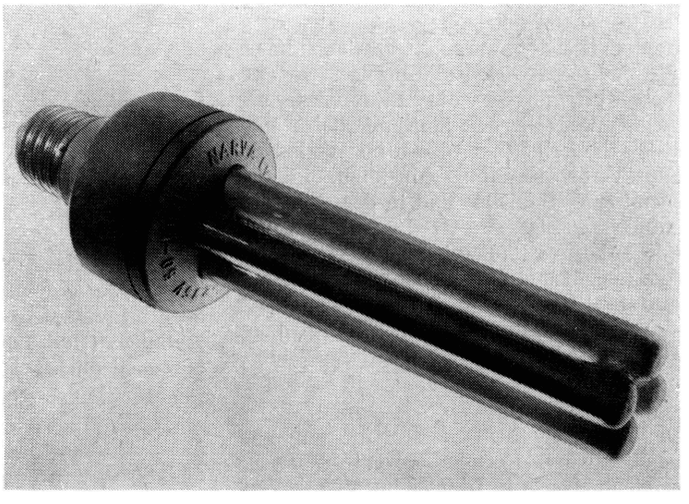
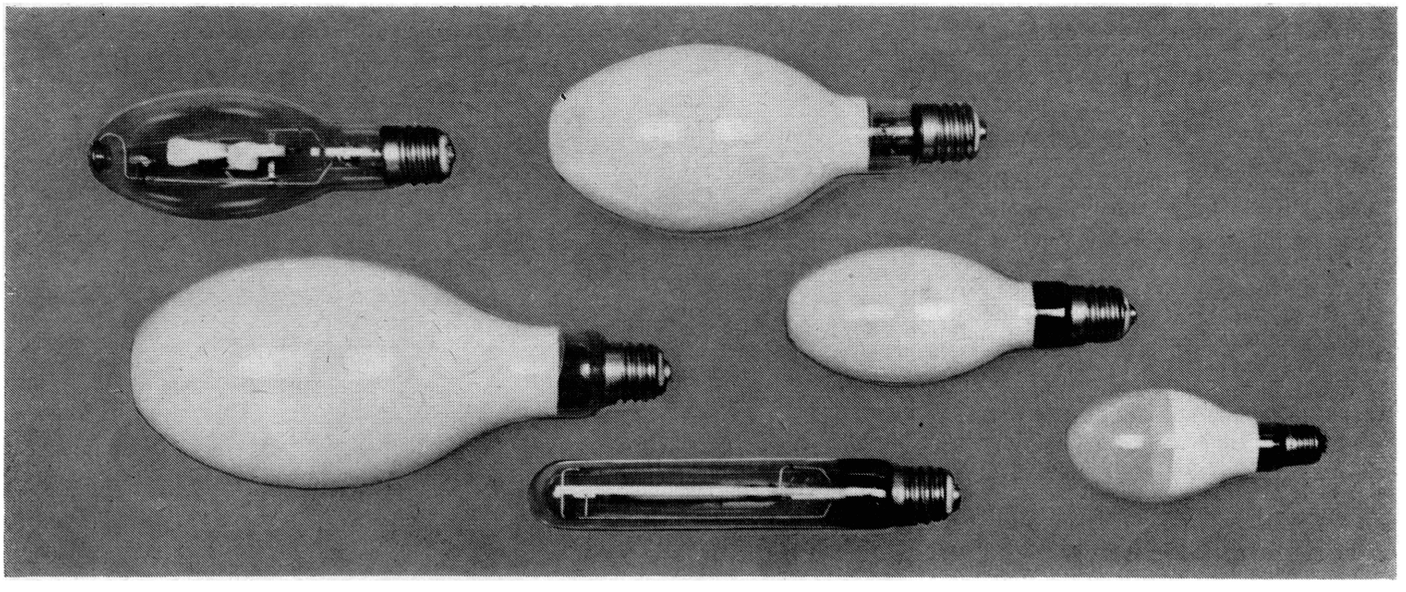


Bild 2. Energieeffektive Lichtquelle NARVALUX electronic mit integriertem Vorschaltgerät und Schraubsockel

Bild 3. Hochdrucklampen



Messevorschau des VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau

Der VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau-KAAB- mit mehr als 50000 Werktätigen in 14 Betrieben und 2 selbständigen Einrichtungen zählt zu den leistungsstarken Industriekombinaten der DDR. Ein leistungsfähiges und profiliertes Forschungs-, Entwicklungs- und Produktionspotential hat konsequent zukunftsorientierte Aufgaben in Angriff genommen. Mit eigener Leiterplattenfertigung, dem Entwurf anwendungsadaptierter Schaltkreise, modernster Bestückungstechnik und präziser Prüfmethoden wurden die erforderlichen Voraussetzungen geschaffen, Erzeugnisse für die Automation nach Maß zu produzieren.

Vom Einzelerzeugnis bis zur kompletten Anlage für die Automation kommt alles aus einer Hand: automatisierte Technik für die Energieübertragung und -verteilung, ihre erforderliche Prüftechnik sowie Automatisierungsgeräte, -anlagen und Ausrüstungen für Industrie, Verkehr, Gesellschaftsbau, Land- und Nahrungsgüterwirtschaft und Umweltschutz.

In der Halle 15 werden traditionell neue und weiterentwickelte Einzelgeräte und Gerätesysteme für die Rationalisierung und Automatisierung kontinuierlicher und diskontinuierlicher Prozesse im Werkzeug- und Verarbeitungsmaschinenbau, in der chemischen Industrie und in der Rohstoffindustrie gezeigt.

Für nahezu alle Bereiche der Wirtschaft einsetzbar ist ein Angebot des KAAB zur Automatisierung von TUL-Prozessen. Das System ICA 710.20, die Schrankvariante der ICA 700-Industrie-Computerfamilie, steuert, regelt und überwacht ein modernes Hochregallager (Bild 1).

Die Vielseitigkeit der Industrie-Computerfamilie, deren Rechner sowohl im Inselbereich als auch in Leitsystemen einsetzbar sind, wird auch bei der Diagnose von Dieselmotoren und zur Demonstration von Softwarelösungen gezeigt. Gerade auf diesem Gebiet wurden im Kombinat in den letzten Jahren erhebliche Anstrengungen unternommen, um Softwarelösungen, zugeschnitten auf spezielle Anwendungen, anzubieten.

Die Pultvariante der Industrie-Computerfamilie, der ICA 710.30, gelangt zur Steuerung von Bandanlagen im Tagebau zum Einsatz. Als Leitrechner garantiert der ICA eine optimale Betriebsführung, die Überwachung der Fördergutqualität und die Erfassung und Protokollierung von Störungen.

Am Anwenderbeispiel der PVC-Anlage Novaky (ČSSR) wird der Einsatz von audatec demonstriert. Audatec ist ein modernes hierarchisch aufgebautes Prozeßleitsystem, das durch seinen modularen Charakter den jeweiligen Anforderungen angepaßt werden kann (Bild 2). Diese Eigenschaften münden in den guten Ruf, den Proßleitsysteme des Markenzeichens audatec genießen.

Ob in der Kläranlage Berlin Nord, die zu den größten und modernsten kommunalen Abwasserreinigungsanlagen Europas zählt,

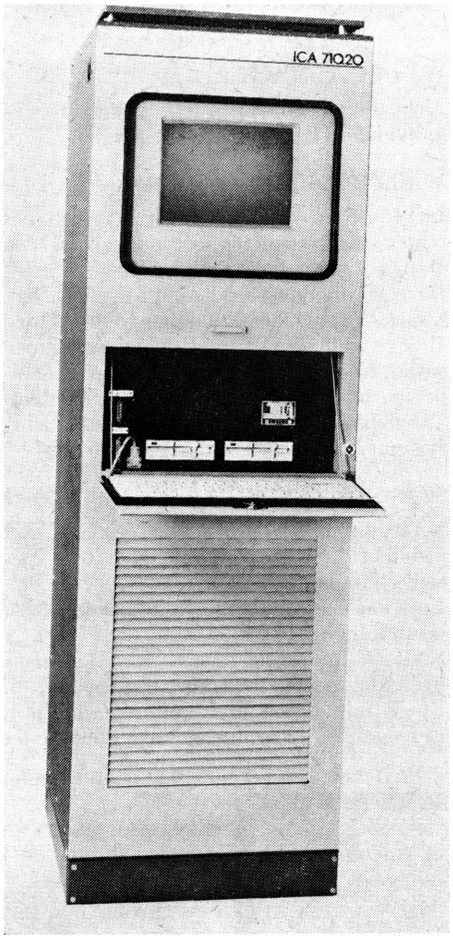


Bild 1. Industrie-Computer-Automatisierung ICA 710.20

in audatec-gesteuerten Glasschmelzlinien oder im audatec-gelenkten Drahtwalzwerk Rybnitza (UdSSR) — audatec nimmt die unterschiedlichsten Prozesse „in die Hand".

Für vielseitige Einsatzgebiete im Gesellschaftsbau und der Landwirtschaft werden die Automatisierungsgerätekomponenten die M 510, V 510 und M 550 gezeigt. Modular und flexibel im Systemaufbau in Hard- und Software beherrschen diese Systeme die Automation in Hotels, Gewächshäusern und in Lagerhallen.

Volldigitalisierte THYRESCH-Stromrichtergeräte DTO-digital für Zwei- bzw. Vierquadranten-Gleichstromantriebe beschließen die Offerte des VEB KAAB in Halle 15. Dieser Stromrichter mit integriertem Mikrorechner ermöglicht eine hohe Prozeßstabilität auch bei Meßwertgeberausfall und eine maximale Nutzung der jeweiligen Stellgliedleistung.

Mehr als 140000 Stromrichter wurden bereits im KAAB produziert. Mit dem neuen THYRESCH-Stromrichter der Baureihe DTO bringen die Entwickler und Produzenten des Kombinats ein Spitzenerzeugnis auf die Leipziger Messe.

Elektrotechnische Anlagen und Ausrüstungen des VEB KAAB zur Energieübertragung und -verteilung sind in mehr als 60 Ländern anerkannt. Zuverlässige Energieübertragung mit VEB-Hochspannungsgeräten und Transformatoren sind Grundlage für eine stabile Energieversorgung über Jahrzehnte in Griechenland, Afghanistan, im Iran, Sudan und in Thailand. In der DDR werden mit Erzeugnissen des KAAB jährlich mehr als 100 Millionen Megawatt-Stunden Elektroenergie übertragen und verteilt.

Langjährige Erfahrungen in Forschung, Entwicklung und Produktion ermöglichen die Projektierung, Erweiterung, Gestaltung und Rekonstruktion von Elektroenergieanlagen in Netzen mit Isolierungsspannungen bis 420 kV für die öffentliche Energieversorgung, für Industriebetriebe und im Gesellschaftsbau.

VEB-Transformatoren mit Leistungen von 50 bis 630000 kVA und Überspannungen von 6 bis 420 kV als Ortsnetztrafos, Netzvolt- und Spartransformatoren sowie Maschinentransformatoren werden in kundenspezifischer Ausführung für alle Klimagebiete produziert.

Auf dem Freigelände vor Halle 18 sind folgende Drehstrom-Öl-Stelltransformatoren zu sehen: KDRF 140 001/220 E, der TDLF 250000/60 Cu und der TD 10 02/20. Sie verkörpern internationales Spitzenniveau.

Bild 2. Prozeßleitsystem audatec

Erstmalig wird der neuentwickelte DIMO-Test gezeigt — ein Dieselmotorendiagnosesystem mit direkter Übernahme der Prozeßdaten in ein Prozeßvisualisierungs-, Datenbank- und Rechensystem. Die Effekte: die Diagnose von Dieselmotoren wird optimiert.

VEM-Hochspannungsgeräte runden den Ausstellungskomplex zur zuverlässigen Energiebeherrschung ab. Gezeigt werden Hochspannungswandler und Hebeltrenner mit Motorantrieb.

In der Halle 18 werden weitestgehend automatisierte Elektroenergieanlagen gezeigt. Hierzu findet der Messebesucher ein Angebotszentrum moderner Technologien vor. So wird zur Überwachung komplexer Elektroenergiesysteme und -anlagen, das Schaltanlagen-Informationssystem SIS-BLV vorgestellt. Es ermöglicht eine optimale Prozeßführung, eine schnelle Zustandserkennung und Situationsbewertung sowie eine einfache Bedienung und Handlungssicherheit. Das Schaltanlageninformationssystem ist universell anpaßfähig.

Für eine effektive Energieverteilung ist die weiterentwickelte Niederspannungs-Schaltgerätekombination VESA-stat vorgesehen. Ihre Haupteigenschaften sind hohe Packungsdichte, übersichtliche Anordnung und hohe Belastbarkeit.

Die Projektierung nach internationalen Normen, wie IEC, VDE, GOST und BS garantiert ein hohes Sicherheitsniveau und damit den sicheren Einsatz in der Energieversorgung. Die Schaltgerätekombination ist in der Grundstoffindustrie, der Land- und Forstwirtschaft, dem Maschinenbau und dem Wohnungs- und Gesellschaftsbau einsetzbar.

Hohe Energieökonomie, eine der Grundvoraussetzungen moderner Wirtschaft, ist durch den zielgerichteten Einsatz des Blindleistungsreglers eBR 52 möglich. Auf der Basis eines Einchipmikrorechners wird von 32 Kreisschaltungen, einer maximalen Stufenzahl von 223 und von 6 bzw. 12 Ausgängen eine wirksame Senkung der Blindleistungsverluste erreicht.

Traditionell kommen die weltgrößten Wechselspannungsprüfanlagen aus dem VEB KAAB. KAAB-Prüftechnik ist langjährig im Einsatz: bei Toshiba (Japan), Lorenzetti S.A. Sao Paolo und Elektrotechnika S. A. (Brasilien), Feltin und Guilleaume Karlswerk AG, Kabelmetall Hannover und bei der Siemens AG Berlin (West).

Auf der diesjährigen Messe ist das Impuls-Scheitelspannungsmeßgerät MUT 22 zur Messung hoher Impulsspannungen mit einer maximalen Eingangsspannung von 1000 V und meßbaren Impulsformen von 0,5/50 bis 1000/1000 µs zu sehen. Dieses Gerät ist im Vergleich zu Konkurrenzerzeugnissen mit Spitzenparametern versehen.

W. Ziemann, Berlin EK 4114

RFT

Der VEB Kombinat Nachrichtenelektronik

offeriert digitale nachrichtentechnische Lösungen für vielfältige Einsatzgebiete u. a. für die Energiewirtschaft.

RFT-Kommunikationssysteme zur Sprach-, Daten-, Text- und Bildübertragung bilden den Ausstellungsbeitrag des VEB Kombinat Nachrichtenelektronik zur Leipziger Frühjahrsmesse 1990, die ganz im Zeichen des 825jährigen Bestehens dieses Handelsplatzes steht.

Entsprechend dem Leitgedanken dieser Messe „Energie — Umwandlung, Verteilung, industrielle Anwendung — Energieökonomie" exponiert die Offerte nachrichtentechnische Lösungen, die zur Rationalisierung von Prozessen in der Energiewirtschaft beitragen und hohe Energieökonomie, z. B. im Transportwesen, ermöglichen.

Die Anwenderlösungen der RFT-Nachrichtenelektronik sind Bestandteil kunden- und branchenorientierter Problemlösungen für volkswirtschaftliche Prozesse verschiedenster Art, die die Nachrichten-, Rechen- und Automatisierungstechniker der DDR in der Messehalle 15 vorstellen. Die in ihrem Rahmen realisierten Nachrichten- und Datennetze ordnen sich ein in den nachrichtentechnischen Verbund zwischen den einzelnen Ausstellungsständen auf dieser Messe.

1. Innerbetriebliche RFT-Kommunikation

Wie sich vielfältigen Anforderungen betrieblicher Kommunikation mit digitaler RFT-Nebenstellentechnik in hohem Maße Rechnung tragen läßt, verdeutlicht der Ausstellungskomplex „Innerbetriebliche Kommunikation". Die dargestellten Anwenderlösungen sind speziell auf die Belange der Energiewirtschaft und des Transportwesens ausgerichtet.

1.1. Digitale RFT-Nebenstellenzentrale

Grundlage dieser Nebenstellenzentrale ist die datenfähige digitale Nebenstellenzentrale NZ 400 D in den Ausbaustufen von 128 und 256 Anrufeinheiten, die über Querverbindungen zusammengeschaltet sind. Sie wirken mit modernen RFT-Fernsprechendgeräten, digitalen Kleinvermittlungsanlagen des Systems UVA sowie RFT-Fernschreibern F 2000 mit Textbearbeitungseinheit TE 2000 zusammen. Durch Einbeziehung von Modems und Datenvermittlungen der belgischen Firma Telindus in die Gerätekonfiguration ist nicht nur eine komfortable Sprach-, Text- und Datenkommunikation auf betrieblicher Ebene gewährleistet, sondern auch der Zugang zum öffentlichen Datennetz. Die Anlage NZ 400 D übernimmt hierbai die Funktion einer Datennebenstellenanlage (Bild 1).

1.2. Dispatcher-Fernsprech-Zentrale

Eine Neuvorstellung in diesem Ausstellungskomplex ist die digitale Dispatcher-Fernsprech-Zentrale DFZ, die für Anschlußkapazitäten von 20, 40 und 80 Leitungen vorgesehen ist. Sie arbeitet nach dem Prinzip eines speicherprogrammierten digitalen Systemkonzepts.

Die Sprechwegdurchschaltung realisiert ein PCM-Koppelfeld; die Steuerung aller Prozesse sichert ein Mehrrechnersystem und eine spezielle Steuersoftware.

Mit der Dispatcher-Fernsprech-Zentrale lassen sich Netze mit Zwei- und Vierdrahtbetrieb aufbauen, und zwar für 2/4-Draht-Rufleitungen, 2-Draht-ZB-Teilnehmerleitungen, 2-Draht-Nebenstellenanschlußleitungen. Die Einrichtung DFZ kann mit 4-Draht-Handvermittlungen, 2-Draht-OB-Vermittlungen, OB-Umsetzer bzw. OB-Gegenstellen, 2-Draht-ZB-Endgeräten (mit und ohne Wahl), Nebenstellenanlagen und postalischen Vermittlungseinrichtungen zusammenarbeiten. Zur Vielzahl der Leistungsmerkmale zählen u. a. Rufen und Abfragen zu Dispatchergespräch, Vermitteln, Aufschalten, Makeln und Trennen von Verbindungen, Aufbau von Standverbindungen mit fester Zuordnung der Anrufeinheiten, automatische Tonbandaufzeichnung aller Dispatchergespräche, Konferenzverbindung mit maximal 5 Teilnehmern, Rundspruchverbindung mit beliebig vielen Teilnehmern, Kurzwahl von 100 Zielen, Anrufwiederholung am Bedienplatz oder Wiederanruf, Warten und Gespräch mit Nachbarplatz.

1.3. Digitale RFT-Wechselsprechtechnik

Eine weitere Komponente der Anwenderlösung ist das mikrorechnergesteuerte RFT-Wechselsprech-Gerätesystem „Welton 400", das konstruktiv weiterentwickelt wurde (Bild 2). Mit diesem internen Steuerinstrument moderner Bürokommunikation lassen sich bis zu 89 gleichartige Geräte linienförmig über ein NF-Leitungsnetz miteinander verbinden.

2. Digitale Ortsvermittlungstechnik

Für die Digitalisierung von Ortsnetzen wird die Ortsvermittlungszentrale OZ 100 D vorgestellt. Sie bietet vielfältige Möglichkeiten beim Ausbau bestehender Fernsprechnetze.

Die Anlage gestattet den Anschluß von 96 Teilnehmern auf bis zu 24 analogen oder 30 digitalen Verbindungsleitungen. Durch die Vorfeldeinrichtung VFE 3/12 können 12 Teilnehmer über drei Anschlußleitungen an die Vermittlungseinrichtung angeschlossen werden.

Insgesamt ist eine Erweiterung auf maximal 312 Teilnehmer möglich.

Die Konfiguration der Einrichtung OZ 100 D umfaßt ein Fernschreibanschlußgerät TT 1, das in Verbindung mit einem Empfangsfernschreiber von einer übergeordneten Zentrale aus die Überwachung und Fernbedienung von maximal sechs Vermittlungszentralen gestattet. Als Anschlußgerät, das die Datenübertragung über Fernsprechkanäle gestattet, dient der Datenmodem VM 2400 (Bild 3).

Die Schnittstelle des Datenmodems zur Datenendeinrichtung (V.24) entspricht der CCITT-Empfehlung. Damit kann jedes mit diese Schnittstelle ausgerüstete Datenendgerät an den Modem angeschlossen werden.

3. Digitale RFT-Übertragungstechnik

Der Anwenderkomplex „Digitale Übertragungstechnik" stellt das Übertragungs-

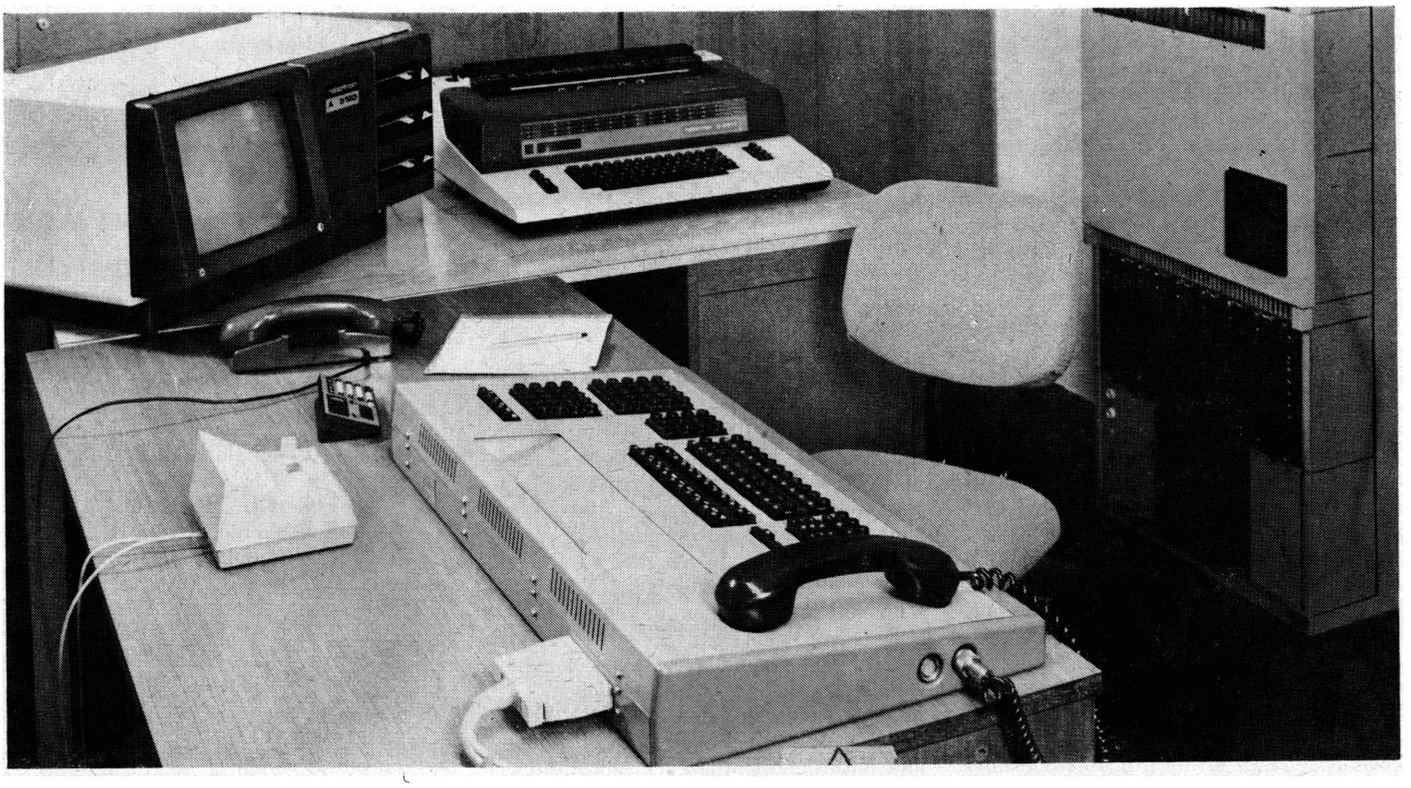


Bild 1. Digitale Nebenstellenzentrale NZ 400 D/64 mit Bedienungstisch

Bild 2. RFT-Wechselsprech-Gerätesystem Weltron 400

system PCM 480 S vor als ökonomische Lösung zur effektiven Ausnutzung und Weiterverwendung bereits verlegter Kabel bei gleichzeitiger Erhöhung der Übertragungskapazität auf das Vier- bzw. Achtfache gegenüber den bisher auf diesen Kabeln betriebenen TF-Systemen (Bild 4). Außerdem informiert er über digitale Richtfunksysteme mit 120 und 10 Kanälen des VEB Kombinat Robotron, die zur Demonstration der Datenfernübertragung unter Einbeziehung des Computerarbeitsplatzes EC 1834 genutzt werden.

3.1. Digitale RFT-Funksysteme

Anwenderbeispiel im Ausstellungskomplex „Funksysteme" ist der automatisierte kommerzielle Funkverkehr zwischen einer Küstenfunkstelle und Seereedereien sowie Schiffen der Fischfang- und Handelsflotte. Realisiert wird er mit dem mikrorechnergesteuerten Funksystem CINRAS, dessen sende-empfangstechnische Hardware das 1-kW-Kurzwellen-Sendesystem KSS 1300 und Empfänger der Typenreihe EKD500 bilden, sowie mittels der Steuereinheit KCP 1710 (Bild 5). Sie erzeugt die Steuerkommandos, speichert die Steuerarten, übernimmt, verwaltet und übergibt die Nutzinformation vom Empfänger, vom Bediener bzw. vom Datenendgerät an den Sender, bietet die erforderlichen Schnittstellen und gewährleistet den Schutz der Daten gegen Störungen.

3.2. Digitales RFT-Funksprechgerät

Innerhalb des Komplexes Funksysteme wird ein neues UKW-Funkgerät UFG 2000

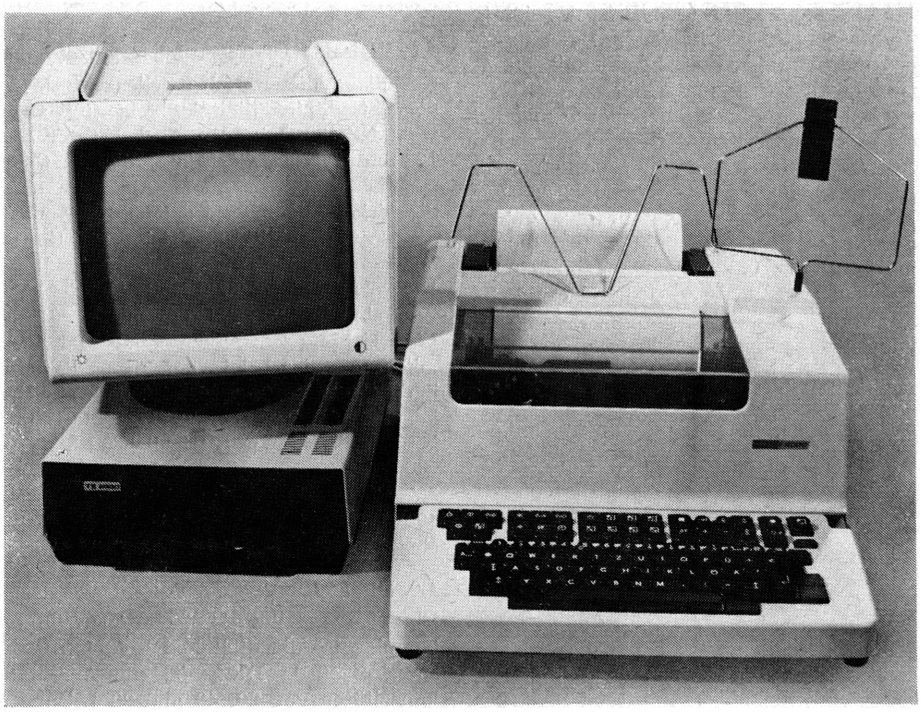


Bild 3. Fernschreiber F 2000 mit Textbearbeitungseinheit TE 2000 und Bildschirm

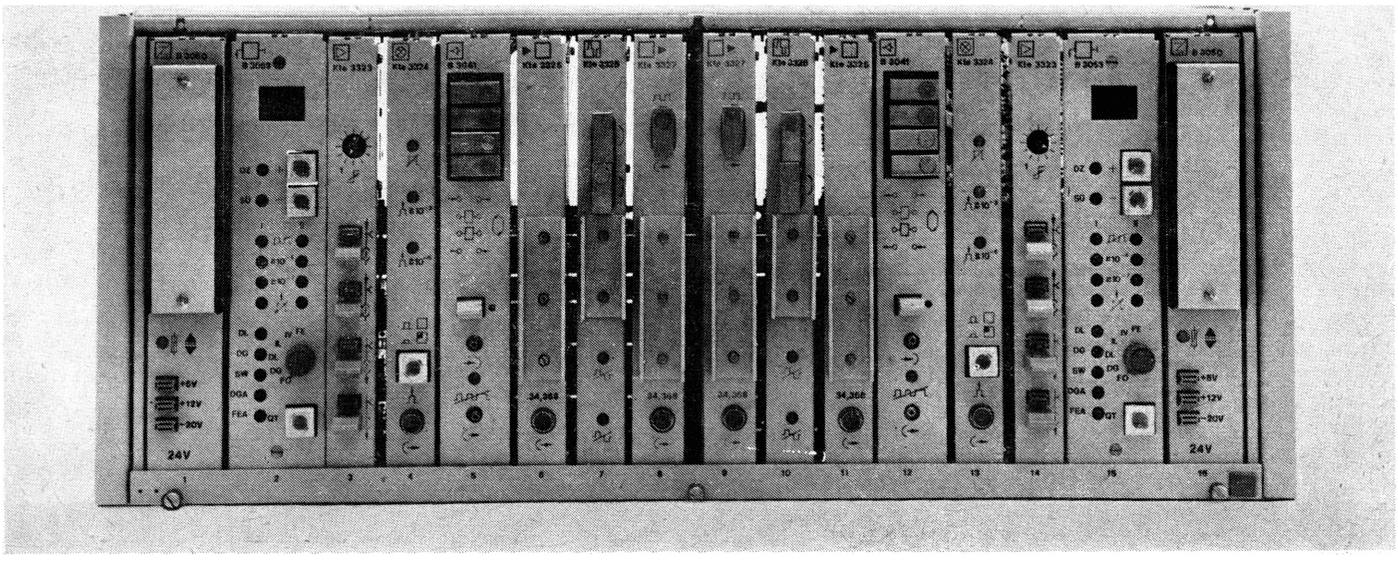


Bild 4. PCM 480 s – LEE
Etage der bedienten Leitungseinrichtung mit 2 Leitungsendeinrichtungen

Bild 5. Steuereinheit KCP 1730 – Funkfernschreiben mit Fehlerkorrektur und Informationsverwaltung

für den Einsatz am Mann offeriert, das für rauhe Betriebsbedingungen konzipiert wurde und auch unter extremen Einsatzbedingungen betriebsfähig ist. Mit dem Gerät lassen sich je nach Gelände- und Witterungsbedingungen Entfernungen zwischen einem und zehn Kilometern überbrücken. Entsprechendes Zubehör ermöglicht auch die Verwendung in Fahrzeugen oder als ortsfeste Station.
Der Frequenzbereich des Gerätes beträgt 30 ··· 79,975 MHz. Von den zur Verfügung stehenden 2000 Kanälen im 25-kHz-Raster sind 10 Kanäle frei programmierbar.

4. Digitale RFT-Fernseh- und Sicherungstechnik

Die Beobachtung von Hochspannungsschaltanlagen, die Überwachung von Tagebaugroßgeräten, die Sicherheitsüberwachung auf Flughäfen oder die Kontrolle von Industrieschornsteinen sind Anwenderlösungen der RFT-Fernbeobachtungstechnik (Bild 6) und RFT-Sicherungstechnik, die in den Ausstellungskomplexen „Digitale Fernsehtechnik" und „Sicherungstechnik" demonstriert werden. Einsatz findet ein mikrorechnergesteuertes Fernbeobachtersystem von modularem Aufbau, mit dem sich matrixförmig maximal 96 Videoeingänge auf maximal 96 mögliche Videoausgänge verteilen lassen sowie Geräte für den Arbeitsschutz, die Betriebssicherheit und den Objektschutz.

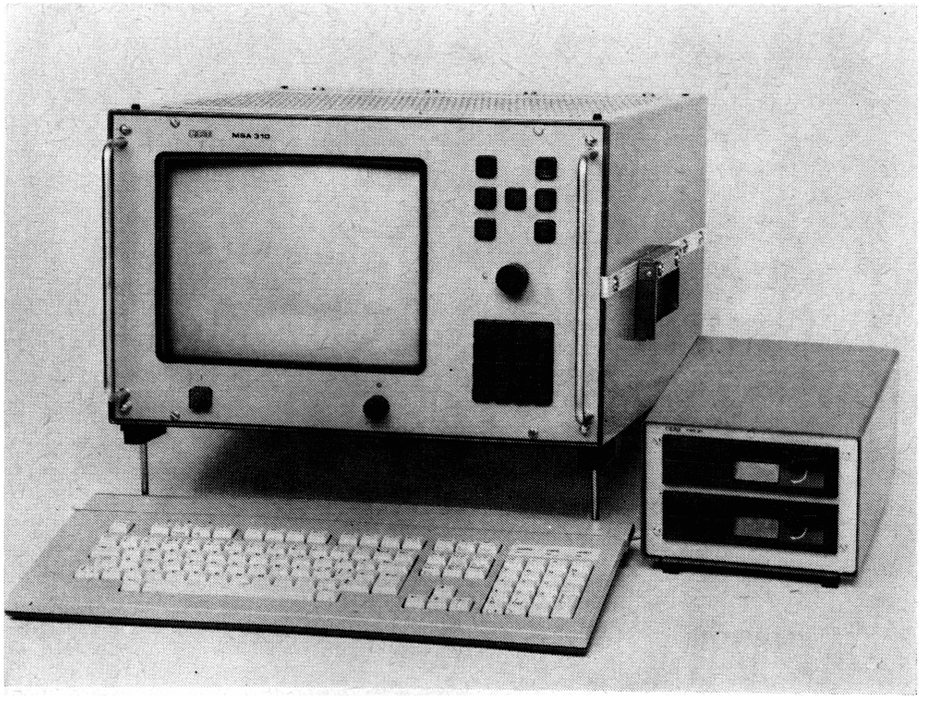


Bild 6. Modularer Signalanalysator MSA 310

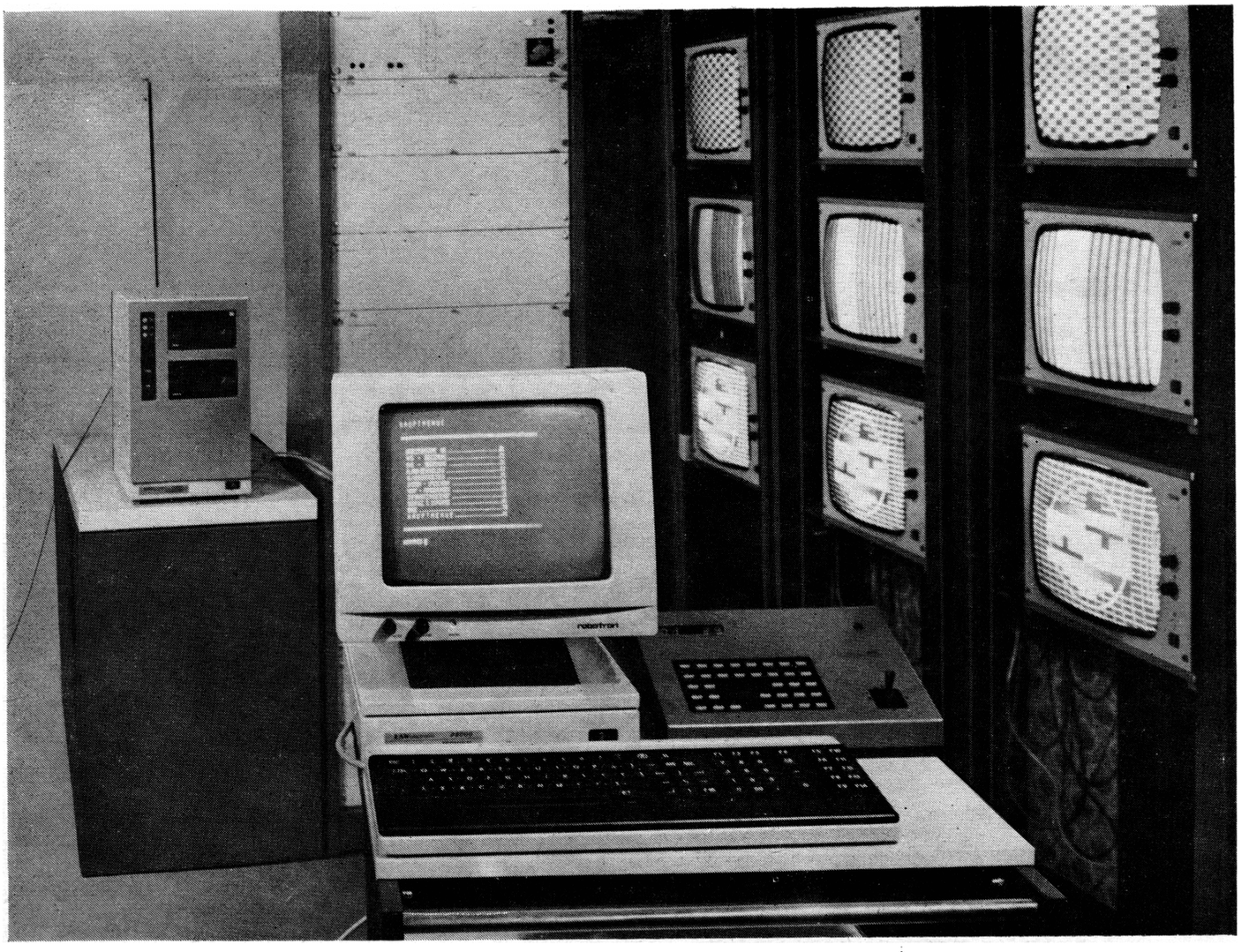


Bild 7. Computer-controled CCTV-System Mikrorechnergesteuertes Fernbeobachtersystem

5. Digitale RFT-Meßtechnik

Digitale Meßsysteme mit weiterentwickelter Software prägen das Angebot im Ausstellungskomplex „Digitale Meßtechnik". Offeriert werden Feldstärke- und Funkstörmeßtechnik, Pegel- und Wobbelmeßtechnik sowie Meßcomputersysteme, so der Feldstärke- und Funkstörmeßplatz FSM 21/SMV 21, zur Leipziger Frühjahrsmesse 1989 mit der Goldmedaille ausgezeichnet, oder der Modulare Signalanalysator MSA 310, der als eigenständiger Meßplatz mit angeschlossenem Drucker vorgeführt wird. Zu den Vorzügen des MSA 310 zählen u. a. die zweikanalige Erfassung von elektrischen Eingangssignalen, die digitale Meßverarbeitung, der große Bildschirm sowie die Möglichkeit der Steuerung peripherer Meßtechnik.

6. Ergänzende Informationen durch RFT-Fachvorträge

Auch zur Leipziger Frühjahrsmesse 1990 bieten Fachvorträge ergänzende Informationen zu Anwenderlösungen und Erzeugnissen der RFT-Nachrichtenelektronik.

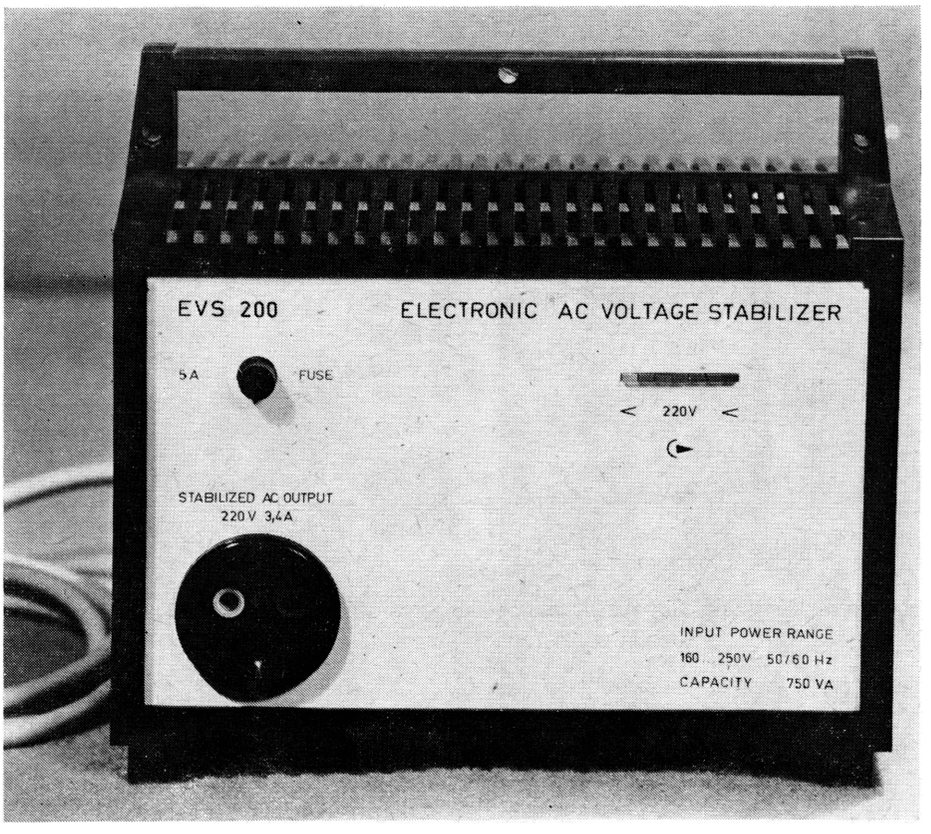


Bild 8. Elektronischer Wechselspannungsstabilisator

Siehe AKTUELLE INFORMATION auf der Seite 42 in diesem Heft.

Weitere Informationen zum Ausstellungs- und Vortragsprogramm erhalten Sie bei der Pressestelle oder bei der Abteilung Werbung und Öffentlichkeitsarbeit des VEB Kombinat Nachrichtenelektronik.

Pressestelle
VEB Kombinat Nachrichtenelektronik
Wendenschloßstraße 142—174
Berlin, 1170
Telefon: 653 3622
Telex: 112 366

Werbung und Öffentlichkeitsarbeit des
VEB Nachrichtenelektronik
Betriebsteil Leipzig
Hainstraße 17—19
PSF 321
Telefon: 861 2819
Telex: 512 204

H. Mittank, Leipzig EK 4115

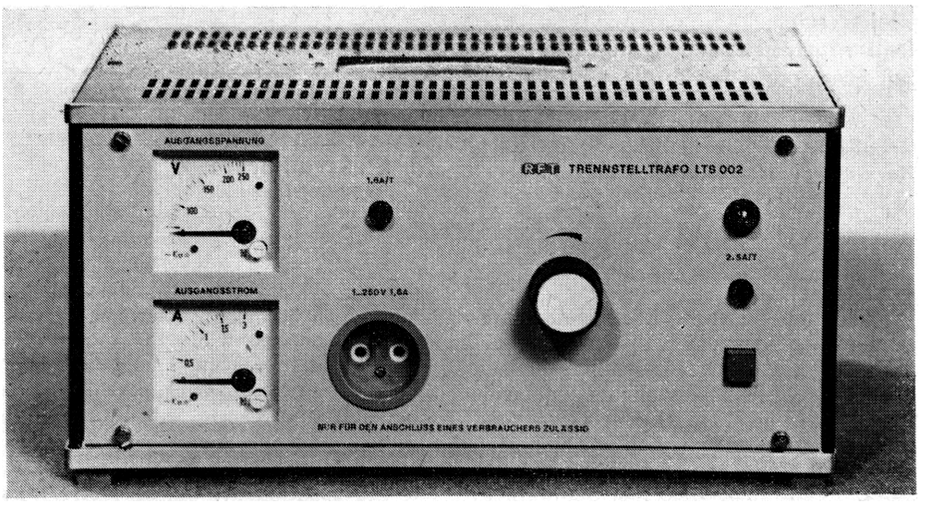


Bild 9. Trennstelltransformator

FACHTAGUNGEN

Regelungstechnisches Ehrenkolloquium

147. Sektionskolloquium Automatisierungstechnik der Technischen Universität Karl-Marx-Stadt am 28. September 1989

Anläßlich des 65. Geburtstages und der Emeritierung des Lehrstuhlleiters „Regelungstechnik" Prof. Dr. sc. techn. *Klaus Göldner* hatte der Direktor der Sektion Automatisierungstechnik, Prof. Dr. sc. techn. *Wächter*, Mitarbeiter, Fachkollegen sowie ehemalige Schüler des Laureaten zu dieser Veranstaltung eingeladen.

Der Leiter des Wissenschaftsbereiches Regelungs- und Automatisierungstechnik, Prof. Dr. sc. techn. *Ester*, würdigte einleitend die vielfältigen fachlichen Leistungen Prof. *Göldners* und deren Umsetzung in Forschung und Lehre. Dabei wurden besonders die weit gefächerte theoretische Fundierung aller Arbeiten und die umfangreichen publizistischen Aktivitäten hervorgehoben.

Prof. Dr. *M. Peschel* — während der gemeinsamen Tätigkeit an der TH Karl-Marx-Stadt und danach ständiger wissenschaftlicher Gesprächspartner des Jubilars — sprach zu dem Thema „Physiologische Bedeutung der Druschke-Oszillationspumpen". Prof. Dr. *M. Peschel* informierte über die Arbeitshypothesen von Ing. *A. R. Druschke*, wonach die Materie in kreiseldynamische Zustände versetzt werden kann, sich Hierarchien solcher kreiseldynamischen Netze in unterschiedlichen räumlichen Skalen aufbauen und daß im biologischen Bereich im Hinblick auf die Transportvorgänge über das peristaltische Pumpen solche Kreiseldynamiken in recht deutlicher Form sichtbar werden. Er erwähnte die 1981 von Ing. *A. R. Druschke* geschaffene Perfusionsanlage zur Leberkonservierung, die damals wie heute den Weltstand bestimmt.

Prof. Dr. *M. Peschel* informierte über die von ihm geschaffene „Kreisdynamik" als Basistheorie zur Prüfung der Hypothesen von *Druschke*. Diese Theorie entsteht über eine neue Beschreibungsform des Masse-Feder-Dämpfungssystem mit Hilfe hyperkomplexer Zahlen, die sich auch auf die Kinematik des Kreisels ausdehnen läßt. Aus dieser Theorie und den derzeitigen Erkenntnissen der Mikrozirkulation ergeben sich in Analogie zum Pumpen der Arterien, der Arteriolen, der Gewebe und der Lymphgefäße neuartige technische Lösungen für Peristaltikpumpen, die alle in diesem Jahr patentrechtlich gesichert wurden.

In einem zweiten Vortrag berichtete Prof. Dr. sc. techn. *Hentschel* über „Adaptive Regelungen — Stand und aktuelle Probleme". Von der Geschichte der adaptiven Regelungen in den 50er Jahren ausgehend, wurden einleitend Entwicklungsschwerpunkte vorgestellt und der Begriff wie folgt definiert:

„Adaptiv sei ein Regelungssystem dann, wenn es seine Reglerparameter automatisch an Änderungen des zu regelnden Prozesses anpaßt". Im weiteren kamen Self-Tuning-Methoden und Modellreferenzmethoden zur Sprache, und Strukturen wurden beschrieben. Anschließend stellte der Referent ausgewählte Strategien vor, formulierte Bedingungen dazu und erläuterte verschiedene Begriffe. Besonderen Raum nahmen dabei Fragen der Parameterschätzung, deren Konvergenz, Schätzerstart und Kopplung eines Schätzerreglers ein. Im Hinblick auf den Steuerungsentwurf folgten Ausführungen zu Optimalsteuerungskonzepten und Konzepten zur Polnullstellenanordnung. Es wurde allerdings auch nicht verschwiegen, daß noch offene Fragen einer Klärung bedürfen, die beispielsweise den adaptiven Reglerentwurf für stochastische zeitvariante Systeme bzw. deren Stabilitätsnachweis oder nichtlineare adaptive Regler betreffen.

Der Jubilar Prof. *Göldner* ließ es sich nicht nehmen, in einem weiteren Vortrag Forschungsergebnisse als „Beitrag zu robusten Systemen" vorzustellen. Die Betrachtungen bezogen sich insbesondere auf reibungsbehaftete Antriebssysteme mit elastischen Wellen, wobei durch Verwendung von Pulsstellern Taktverschiebungen ins System gelangen. Für verschiedene Reglertypen bzw. -strukturen wurden Übergangsfunktionen dargestellt und Fragen der Stabilität untersucht. Die Anwendung zeitdiskreter Bezugsmodell-Adaption bietet sich beispielsweise für Werkzeugmaschinensteuerungen an. Aber auch die von Prof. *Bocklisch*, Akademie der Wissenschaften der DDR, Institut für Mechanik, publizierten Verfahren der Auswahl des günstigsten Parallelmodells mittels Identifikator oder der Einsatz selbsteinstellender Regler nach dem Verfahren der unscharfen Prozeßanalyse zeigen Lösungsvarianten für moderne Steuerungssysteme. Auf das Problem hinweisend, daß bei der Regelung mechanischer Systeme Parameterschwankungen nicht zu vermeiden sind, andererseits dadurch Pole zwangsläufig abwandern, leitete Prof. *Göldner* die Forderung nach Ermittlung der Empfindlichkeit bzw. Vorgabe bestimmter Bereiche ab und stellte die Verfahren der

— Strukturumschaltung und
— Rückführung über Hilfskreis

als alternative Möglichkeiten vor.

Während bei ersterem der Entwurf schwierig ist und die Ergebnisse nicht immer befriedigen, neigt bei letzterem der Hilfskreis zur Instabilität und wirft dadurch neue Probleme auf.

Die Gestaltung dieses Ehrenkolloquiums ist ein Zeichen des Dankes aller Angehörigen der Sektion Automatisierungstechnik der Technischen Universität Karl-Marx-Stadt und vor allem des engen Mitarbeiterkreises Prof. *Göldners* für jegliche Unterstützung, wissenschaftlichen Meinungsstreit und hilfreiche Fachgespräche. Alle Kollegen möchten dem Jubilar weiterhin beste Gesundheit und persönliches Wohlergehen wünschen. Mögen auch in Zukunft die guten Kontake von Bestand sein, damit unsere Arbeit und unser Wissen durch so manche wertvolle Erkenntnisse aus dem reichen Erfahrungsschatz und Wissensfundus des Spezialisten und Fachexperten der Regelungstechnik bereichert wird.

G. Tippmann, Karl-Marx-Stadt EK 4091

Elektrische Informationsübertragung zur Steuerung des Zuglaufes

148. Sektionskolloquium Automatisierungstechnik der Technischen Universität Karl-Marx-Stadt am 26. Oktober 1989

Einführend beleuchtete der Referent Dozent (em.) Dr. sc. techn. *H. Haupt* die historischen Gegebenheiten — beginnend bei der Entwicklung der Dampflokomotive 1824 (Roket in New Castle) sowie 1838 (Saxonia in Uebigau) bzw. den Erfindungen um die Telegraphie von *Sömering, Schilling* b. Cannstadt, *Weber* und *Gauß, Steinheil* und *Morse* — hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile sowie der technischen Nutzbarkeit.

Aus der Übersicht der Elementarforderungen für den gesicherten Betrieb der Eisenbahn resultiert die Einführung der Telegraphie- und Glockensignalleitung im Rahmen des Zugmeldeverfahrens. Die Untersuchung der technischen Realisierungsmöglichkeiten jeweils in Abhängigkeit vom Entwicklungsstand gab dem Hörerkreis interessante Einblicke in technische Details, Leistungsfähigkeit sog. „veralteter Technik" sowie Vor- und Nachteile früherer Informationsübertragungsanlagen.

Auf Grund seines reichen Erfahrungsschatzes konnte der Referent im weiteren auf viele spezielle Probleme der modernen rechnergestützten Dispatcherorganisation eingehen und erläuterte Einzelheiten zu

— Betriebsforderungen
— Informationserfassung
— Informationsdarstellung
— Ersatzbetrieb und
— eingesetzter Gerätetechnik.

Wegen der auch in vielen anderen Bereichen der Volkswirtschaft ständig steigenden Anforderungen an Sicherheit und Zuverlässigkeit wurden die Ausführungen zu Selbstdiagnosesystemen mit besonderem Interesse aufgenommen. Die Anzeige von Störungen auf der einen und die Möglichkeit der Simulationsläufe auf der anderen Seite bieten sehr gute Voraussetzungen für die kurzfristige optimale Beseitigung von Störungen und Fehlern.

Die bildlich ergänzten Ausführungen zur Dispatcherarbeit, Speicherung wichtiger Betriebsdaten und Darstellung von Daten sowie Streckenabschnitten auf dem Bildschirm vermittelten einen guten Überblick in vielen Fragen der modernen Informationsübertragung und -verarbeitung, die mit den komplizierten und vielfältigen Aufgaben der modernen Steuerung des Zuglaufes bei der Eisenbahn zusammenhängen. Die Aktualität der vorgetragenen Problematik kam nicht zuletzt in der regen Beteiligung an der anschließenden Diskussion zum Ausdruck. Auf Grund seiner aus langjähriger Forschungsarbeit an der Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List" Dresden resultierenden umfangreichen Sachkenntnis heraus beantwortete der Referent die zahlreichen vielschichtigen Fragestellungen der Interessenten in umfassender Weise.

G. Tippmann, Karl-Marx-Stadt EK 4090

KURZBERICHTE

Batterieladegerät für Elektrofahrzeuge

Panzerplattenbatterien für Elektrofahrzeuge müssen nach einer vom Hersteller vorgeschriebenen Ladevorschrift geladen werden. Da es bezüglich der Größe, Leistung und des Aufbaues sehr unterschiedliche Ausführungen derartiger Akkumulatoren gibt, muß die Ladeeinrichtung an diese angepaßt sein. Um eine hohe Lebensdauer der Akkumulatoren zu erreichen, sollte die Ladung regelmäßig mit den vorgeschriebenen Parametern erfolgen.

Mit der vorliegenden technischen Lösung besteht die Möglichkeit, Akkumulatoren bis zu einer Batteriespannung von 40 V mit einer maximalen Ladeleistung von 2 kW zu laden. Dem entsprechen z. B. 24-V-Batterien mit einer Kapazität von 700 Ah oder 40-V-Batterien mit einer Kapazität von 350 Ah. Aber auch LKW-, PKW- oder andere Batterien kleinerer Kapazität in unterschiedlichsten Spannungsklassen können durch die stufenlose Ladestromregelung mit den für diese Batterien geforderten Parametern geladen werden.

Während des Ladevorganges wird der Ladestrom nahezu konstant gehalten. Die Regelung des Ladestromes erfolgt primärseitig am Netztransformator durch Spannungsregelung mit einer Phasenanschnittsteuerung. Die Speisung erfolgt aus dem Einphasenwechselstromnetz (220 V, 50 Hz). Der Ladestrom kann unabhängig von der Batteriespannung von 0 bis zum Maximalwert (60 A) stufenlos eingestellt werden. Durch Konstantstromladung steigt während des Ladevorganges die Zellspannung und damit die Batteriespannung, die den Ladezustand der Batterie charakterisiert. Der Ladevorgang wird durch eine elektronische Lade-Endabschaltung ständig überwacht. Die Lade-Endspannung kann für 12-V-, 24-V- und 40-V-Batterien in jeweils 10 Spannungsstufen eingegeben werden. Die Lade-Endspannung ist vom jeweiligen Zustand der Batterie abhängig. Durch die Möglichkeit der Wahl des Spannungswertes für den jeweiligen Batterietyp besteht die Möglichkeit, auch teilweise defekte oder gealterte Batterien mit dem vorgegebenen Ladestrom im Automatikbetrieb zu laden.

Die Lade-Endabschaltung vergleicht ständig die Batteriespannung mit der eingegebenen Lade-Endspannung. Ist die Lade-Endspannung über einen bestimmten Zeitraum mit vorgeschriebener Konstanz erreicht, wird der Hauptladevorgang automatisch beendet. Es erfolgt das Umschalten auf „Nachladen". Der Akkumulator wird nun über einen einstellbaren Zeitraum mit 6% des Ladestromes nachgeladen. Nach der gewählten Zeit wird der Ladevorgang automatisch beendet.

Ein Überladen der Akkumulatoren wird somit sicher vermieden, was entscheidend zur Lebensdauerverlängerung der Batterie beiträgt. Durch den einfachen Aufbau, die einfache Bedienung, die einfache Installation, die stufenlose Ladestromregelung, die Transportmöglichkeit und die Lade-Endabschaltung ist das Ladegerät kostengünstig, mit geringem Aufwand herstellbar und universell einsetzbar. Durch die Leistungsklasse und die elektronische Lade-endabschaltung besteht die Möglichkeit, unter Beachtung der gesetzlichen Bestimmungen das Ladegerät in Werkstätten oder Werkhallen zu betreiben.

Technische Daten:

Speisespannung:	220 V
Toleranz der Speisespannung:	+/—10%
Frequenz der Speisespannung:	50 Hz
maximale Stromaufnahme:	16 A
Nennladespannung:	bis 40 V Batteriespannung
Nennladestrom:	bis 60 A stufenlos einstellbar
Ladeleistung:	max. 2 kW
Abmessungen L × B × H:	520 × 305 × 340
Masse:	etwa 50 kg
Umgebungstemperatur:	—10 ··· +35 °C

Vorteile

— geringe Abmessungen
— geringer Bauelementeaufwand
— einfacher Aufbau
— universeller Einsatz für mehrere Batteriearten
— stufenlose Ladestromeinstellung
— automatische Lade-Endabschaltung für 12-V-, 24-V- und 40-V-Batterien
— automatisches Nachladen mit 6% der eingestellten Ladestromstärke über eine wählbare Zeit bis 2 h
— einfache Installation durch Anschluß an das Einphasenwechselstromnetz
— Einsparung von Laderäumen durch die Möglichkeit der Installation in Werkstätten unter bestimmten Bedingungen durch automatische Lade-Endabschaltung und Konstantstromladung
— Erkennung von defekten Batterien (Unterspannung)
— Möglichkeit des Ladens von teilweise defekten oder gealterten Batterien durch stufenlose Einstellung des Ladestromes und 10-stelliger Wahl der Lade-Endspannung von 12-V-, 24-V- und 40-V-Batterien
— Erhöhung der Lebensdauer der Batterien durch automatische Lade-Endabschaltung sowie die Möglichkeit der Durchführung von Ausgleichsladungen durch stufenlose Wahl des Ladestromes
— Möglichkeit der Erstladung von Batterien durch stufenlose Wahl des Ladestromes
— Einsatz eines Einphasentransformators durch das Prinzip der technischen Lösung
— Vermeidung von Überladung der Batterien

Weitere Informationen und Nachnutzungsdokumentation über:

VEB PLASTTECHNIK GREIZ
— BfN —
Tel.: 79740
Plauensche Straße 40—42
Greiz
6600

Th. Heidrich, Greiz EK 4071

Neue Ergebnisse der TGL-GOST-Abstimmungen

Das Fachministerium für Montage- und Spezialbauarbeiten (MMSS) der UdSSR und das ehemalige Ministerium für Elektrotechnik und Elektronik (MEE) der DDR stimmten in Fortsetzung der Harmonisierung wichtiger Vorschriften [1] [2] folgende weitere Themenkomplexe für elektrotechnische Anlagen in den Jahren 1987/89 ab:

— Elektrotechnische Anlagen in explosionsgefährdeten Zonen
— Elektrotechnische Beleuchtungsanlagen
— Schutz elektrischer Netze für Spannungen bis 1000 V.

Bei den zweiseitigen Abstimmungen konnten vereinheitlichte Grundforderungen sowie deren gemeinsame Anwendung zu den nachfolgend aufgeführten Bereichen vereinbart werden. Diese sind für alle Hersteller, Errichter und Betreiber elektrotechnischer Anlagen in der DDR und in der UdSSR sowie bei Export- und Importverpflichtungen verbindlich und werden z. Z. in die geltenden Standards der Länder eingearbeitet.

1. Forderungen an explosionsgefährdete Zonen

Für die in TGL 200-0621/02 und /03 [3] und in PUE 7-3 [4] festgelegten Forderungen zu elektrotechnischen Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten wurden mit der UdSSR nachfolgende Bereiche abgestimmt:

— Vereinheitlichte Begriffe, z. B. Explosionsgefährdete Zone, Explosibles Gemisch, Explosionsgeschütztes elektrotechnisches Betriebsmittel
— Gegenüberstellung und Auswertung der Klassifikationen der explosionsgefährdeten Zonen nach PUE 7-3, TGL 30042 und IEC 79-10
— Auswahl, Ausführung, Anordnung, Kennzeichnung und Schutz spezieller elektrotechnischer Betriebsmittel beim Einsatz innerhalb bzw. außerhalb explosionsgefährdeter Betriebsstätten
— Einsatzbedingungen und Schutz elektrischer Maschinen der Schutzart „e"
— Anwendungsbedingungen bei der Schutzart „Kapselung mit innerem Überdruck" für explosionsgeschützte Räume oder elektrotechnische Betriebsmittel
— Legebedingungen von Kabeln und Leitungen beim Einsatz in explosionsgefährdeten Betriebsstätten
— Blitzschutz und Schutz gegen elektrostatische Aufladungen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten.

Die mit der UdSSR getroffenen Festlegungen gelten nach [3] nicht für explosionsgefährdete Arbeitsstätten auf Schiffen und schwimmenden Anlagen, auf Fahrzeugen, in medizinisch genutzten Räumen, in ausschließlich schlagwettergefährdeten Grubenbauten, für kohlenstaub- und koksstaubgefährdete Arbeitsstätten sowie für explosivstoffgefährdete Arbeitsstätten.

2. Forderungen an Beleuchtungsanlagen

Für die in TGL 200-0800 [5] und TGL 200-0611 [6] sowie in PUE 6 [7] festgelegten Grundforderungen zu elektrotechnischen Beleuchtungsanlagen ist eine einheitliche Anwendung

— von speziellen Begriffen, z. B. Allgemeinbeleuchtung, allgemeine Ortsbeleuchtung, Arbeitsplatzbeleuchtung, kombinierte Beleuchtung
— von anzuwendenden Arten der Beleuchtungen und Lampen sowie deren Einsatzbedingungen
— der Energieversorgung für Innen- und Außenbeleuchtungen
— der Installation und Schutz von Beleuchtungsanlagen
— der Steuerung und Abschaltung von Innen- und Außenbeleuchtungsanlagen
— der Blindleistungskompensation für Entladungslampen mit der UdSSR abgestimmt worden. Sie gelten für den elektrotechnischen Teil der Beleuchtungsanlagen von Gebäuden, umgebauten Räumen und für die Außenbeleuchtung von Städten, Ortschaften und für die Territorien von Betrieben und Institutionen.

Diese Festlegungen gelten nicht für die Beleuchtung aller Arten von Tagebauen. Der lichttechnische Teil für die Beleuchtungen wird nach separaten nationalen Vorschriften ausgelegt.

3. Schutz elektrischer Netze für Spannungen bis 1000 V

Zum Schutz elektrischer Netze für Spannungen bis 1000 V gelten in den beiden Ländern TGL 200-0613 [8] und PUE 3-1 [9]. Bei den Harmonisierungsarbeiten ist die einheitliche Anwendung

— von Schutzgeräten (Sicherungen, Leitungs- und Motorschutzschalter u. a.) für die automatische Abschaltung bei Kurzschlüssen und Überlastungen
— der Auswahl, Ausführung und Einstellungen von Schutzgeräten
— der Arten und des Aufbaus der zu schützenden Netze für Wohngebäude, Industriebetriebe und Gesellschaftsbauten
— von Installationshinweisen für Schutzgeräte
— des Schutzes für Elektromotore

mit der UdSSR abgestimmt worden. Diese Grundforderungen gelten für den Schutz elektrischer Netze, die im Inneren und außerhalb von Gebäuden errichtet werden und können durch spezielle Festlegungen nationaler Vorschriften ergänzt werden.

Weitere Abstimmungen mit den entsprechenden Fachministerien der UdSSR zu weiteren Themenkomplexen auf dem Gebiet der Errichtung elektrotechnischer Anlagen werden z. Z. unter Berücksichtigung der IEC- bzw. Europanormen vorbereitet.

Literatur

[1] *Kloust, H.:* Neue Ergebnisse der TGL-GOST-Abstimmungen. Elektropraktiker, Berlin 41 (1987) 1, S. 9
[2] *Kloust, H.:* Abstimmung von Sicherheits- und Errichtungsvorschriften mit der UdSSR. Elektropraktiker, Berlin 38 (1984) 9, S. 292–293
[3] TGL 200-0621 Ausg. 1/78: Elektrotechnische Anlagen in explosionsgefährdeten Arbeitsstätten
[4] PUE 7-3 Ausg. 1985: Errichtungsvorschriften elektrotechnischer Anlagen; Elektrotechnische Anlagen
[5] TGL 200-0800 Ausg. 6/79: Elektrotechnische Anlagen; Installationsanlagen
[6] TGL 200-0611 Ausg. 10/80: Geräte in elektrotechnischen Anlagen
[7] PUE 6 Ausg. 1985: Errichtungsvorschriften elektrotechnischer Anlagen; Elektrische Beleuchtung
[8] TGL 200-0613 Ausg. 10/87: Leitungen in elektrotechnischen Anlagen
[9] PUE 3-1 Ausg. 1985: Errichtungsvorschriften elektrotechnischer Anlagen; Schutz elektrischer Netze für Spannungen bis 1000 V

H. Kloust, Berlin

EK 4079

Dynamobandkatalog im Kombinat VEB Elektrogerätewerk Suhl

Mitarbeiter des VEB Ingenieurbüro Elektrogeräte Karl-Marx-Stadt haben die magnetischen Kennwerte von 12 vorrangig in der DDR — Elektromotorenindustrie eingesetzten Dynamobandqualitäten ermittelt und katalogisiert.

Die magnetischen Kennwerte wurden auf einer durch die TU-Dresden, Sektion Elektrotechnik, entwickelten und im VEB IBE erprobten rechnergestützten Meßeinrichtung MAGMES mit modifiziertem Koppelmannjoch kleinster Probeabmessungen ermittelt.

Katalogisiert sind die magnetischen Kennwerte, wie:

— Magnetische Polarisation J [T] für ungealterte Proben (Gemischtwerte J_2 bis J_{300}) für Frequenzen von 50 Hz, 100 Hz, 200 Hz und 400 Hz und für gealterte Proben für Frequenzen von 50 Hz und 400 Hz.
— Ummagnetisierungsverluste P [W/kg] für ungealterte sowie für gealterte Proben (Gemischtwerte) bei 0,5 T; 0,7 T; 1,0 T; 1,5 T und 1,7 T für Frequenzen von 50 Hz, 100 Hz, 200 Hz, 400 Hz
— Anisotropie der magnetischen Polarisation ΔJ_{25}
— Anisotropiekoeffizient k_{an} des Ummagnetisierungsverlustes k_{an}; $P_{1,5}$ [%]
— Alterungskoeffizient k_A des Ummagnetisierungsverlustes $P_{1,5}$ [%]

Des weiteren sind graphisch dargestellt:

— Magnetisierungskennlinien J_2 bis J_{300} für $f = 50$ Hz, gealterte Längsproben
— Hystereseschleifen P_J bei $J = 0{,}5$ T; 1,0 T, 1,5 T und 1,7 T für $f = 50$ Hz und 400 Hz, gealterte Längsproben
— Graphische Darstellung der Ummagnetisierungsverluste P_J bei $J = 0{,}5$ T; 0,7 T; 1,0 T; 1,5 T; 1,7 T in Abhängigkeit von der Frequenz $f = 50$ Hz, 100 Hz, 200 Hz, 400 Hz für Gemischtproben, gealtert
— Vergleich Hystereseschleifen Längs- und Querproben, gealtert P bei $J = 1{,}0$ T und 50 Hz bzw. 400 Hz
— Meßwertevergleiche und vergleichende graphische Darstellungen innerhalb der Dynamobandqualitäten.

Der Katalog ist käuflich erwerbbar.

Anfragen richten Sie bitte an:

VEB Ingenieurbüro Elektrogerätewerk
Karl-Marx-Stadt
Abt. ETW, Kolln. *Murawski*
Markt 5
Karl-Marx-Stadt, 9010

E.-M. Murawski, Karl-Marx-Stadt EK 4075

BUCHER

SPS — Programmierung, Beispiele und Aufgaben, Band 2

Von *A. Auer*. Heidelberg: Dr. Alfred Hüthig Verlag 1989. 142 Seiten, zahlr. Bilder und Tafeln, kart., DM 29,80.

Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) haben seit ihrer Innovation Ende der sechziger Jahre eine außerordentlich rasche Weiterentwicklung und Verbreitung erfahren. Heute beherrschen sie in Form von Kleinsteuerungen in schützähnlicher Eingehäuse-Kompaktausführung für wenige binäre Ein- und Ausgänge bis hin zu Gerätefamilien mit modularen hierarchiespezifischen Komponenten zur Steuerung und Überwachung ganzer Industrieanlagen den Gesamtbereich der industriellen Automatisierung.

Durch die Ablösung konventioneller Instrumentierung dringen sie unablässig in weitere Applikationsbereiche vor. Vor vielen im Berufsleben stehenden Facharbeitern, Technikern und Ingenieuren steht daher die Aufgabe, sich mit dieser Technik vertraut zu machen und insbesondere ihre Programmierung zu erlernen. Es ist die erklärte Absicht des Autors, mit der vorgelegten Sammlung von Beispielen und Übungsaufgaben insbesondere dem Anfänger zu helfen und eine rasche Einarbeitung in das Gebiet der SPS-Technik zu ermöglichen.

Im einzelnen werden in insgesamt 8 Abschnitten die Grundzüge der Programmierung speicherprogrammierbarer Steuerungen auf der Basis der bekannten Eingabefachsprachen Kontaktplan (KOP), Funktionsplan (FUP) und Anweisungsliste (AWL), das Programmieren elementarer logischer Verknüpfungen, die Programmierung sequentieller Elementarschaltungen (Flip-Flop-Funktionen), die Programmierung von Zähloperationen und Schiebefunktionen sowie von Zeitverzögerungen behandelt. In den letzten beiden Abschnitten des Buches wird jeweils nach Darlegung einer fünfschrittigen Implementierungsstrategie die Bearbeitung von Steuerungsaufgaben erläutert, die auf ein Schaltnetz (Kombinationsschaltung) bzw. auf ein Schaltwerk (sequentielle Schaltung) führen. Ergänzend dazu findet man in drei Anhängen die Programmierung von Einschalt- und Ausschaltverzögerungen in verschiedenen firmenspezifischen Sprachen einander gegenübergestellt sowie eine auf die Zielstellung des Buches orientierte Zusammenstellung der Regeln der Booleschen Algebra.

Die Besonderheit der Darstellung besteht darin, daß das wesentliche Stoffvolumen anhand von 75 gut gewählten Beispielen mit engem Bezug zu den für die SPS-Technik relevanten Standards erläutert wird und der Leser an vielen Stellen die Möglichkeit erhält, das erworbene Wissen sofort an Übungsbeispielen (insgesamt 83) zu erproben.

Insgesamt gesehen ist es dem oben genannten Adressatenkreis sehr zu empfehlen.

E. Habiger, Dresden EK 4109

Abschaltbare Elemente der Leistungselektronik und ihre Anwendungen

Herausgeber: *L. Abraham*
Vorträge der ETG-Fachtagung vom 4. bis 5. Mai 1988 in Bad Nauheim. (ETG-Fachbericht 23) Berlin, Offenbach: VDE-Verlag 1988. 343 S., 281 Bilder und 10 Tafeln

Aktuelle Probleme der Leistungselektronik gehören traditionell zu den Themen von Fachtagungen der Energietechnischen Gesellschaft (ETG) und ihres Fachausschusses 5 „Elektronik in der Energietechnik". Erinnert sei hier an die von *Depenbrock* geleitete Tagung „Dynamische Probleme der Thyristortechnik" (Aachen 1971) und an „Mikroelektronik in der Stromrichtertechnik und bei elektrischen Anlagen" unter der Leitung von *Leonhard* (Darmstadt 1982).

Mit dem vorliegenden Fachbericht wird einer Entwicklungsrichtung Rechnung getragen, die der Leistungselektronik gegenwärtig kräftige Impulse verleiht: dem Vordringen neuer, abschaltbarer Halbleiter-Leistungsbauelemente. In insgesamt 21 Aufsätzen wird der Stand dieses Gebietes aus der Sicht der Bauelementeentwicklung wie auch der Schaltungs- und Gerätetechnik dargestellt. Die Mehrzahl der Arbeiten entstand im Rahmen von Industrieforschungen. Der Kreis der betrachteten Bauelemente konzentriert sich auf die international zur Zeit verfügbaren Arten: Bipolartransistor, GTO-Thyristor und Leistungs-MOSFET. Außerdem wird auf IGBT und feldgesteuerte Thyristoren eingegangen.

Einen Überblick zu Aufbau und Wirkungsweise dieser abschaltbaren Bauelemente wird von *Gerlach* gegeben; mit den Ergebnissen vergleichender applikativer Untersuchungen macht *Heumann* bekannt.

Mit Fragen der Wirkungsweise, der Ansteuerung und des Schutzes von Bipolartransistoren beschäftigen sich *Rischmüller* und *Futterlieb*, letzterer auch im Vergleich mit MOSFET. Schaltungstechnische Aspekte werden in Anwendungen für unterbrechungsfreie Stromversorgungen (*Clewing*) und für Drehstrom-Pulswechselrichter (*Zimmermann/Weber*) behandelt. Dabei geht es auch um Fragen einer rückspeisefähigen Netzeinspeisung; die Arbeit von *Fleckenstein* beschäftigt sich speziell mit dieser Problematik. Demnach sind mit dem Einsatz von Transistormodulen (Sperrspannung 1000 V bei 380-V-Netz, 1400 V bei 500-V-Netz), deren integrierte Freilaufdioden als Einspeisegleichrichter arbeiten, kompakte Lösungen von 4-Quadranten-Pulsstromrichtern im Eingang realisierbar. Hierzu kommt der Vorteil verringerter Netzrückwirkungen. Höhere Stromrichterleistungen bestimmten den Bereich der GTO-Thyristoren. Gegenüber Bipolartransistoren erwächst hier ein merklich größerer schaltungstechnischer Aufwand, so daß nach *Speth* die Einsatzgrenze zwischen beiden Arten so hoch wie technisch möglich gelegt werden sollte. Unter Berücksichtigung einer gegebenen Zuordnung von Anlagenleistungen und Nenn-Anschlußspannungen wird angestrebt: 380 V und 500 V: Transistoren, 660 V; GTO-Thyristoren. In der Traktion werden GTO mit Blockierspannungen von 2500 V für 750-V-Gleichstrombahnen, von 4500 V für 1500-V-Vorortbahnen und von 6000 V (perspektivisch 8000 V) für 3000-V-Fernbahnen eingesetzt (*Steimel*). Ein Überblick zu Stand und Entwicklungsmöglichkeiten bei GTO-Thyristoren wird von *Nowak/Thomas/Berg* gegeben. Die bekannten Probleme dieses Bauelements werden analysiert; diese gegenwärtigen Einschränkungen seien jedoch mit den verbesserten technologischen Möglichkeiten zukünftig weitgehend lösbar. Neben einer feineren Strukturierung sind die GTO-MOS-Kaskodenschaltung sowie zweiseitig gesteuerte GTO (Doppelgate-GTO) hierfür diskutierte Arbeitsrichtungen. Auf die Ansteuer- und Beschaltungstechnik für GTO geht *Marquardt* ausführlich ein. Hierbei kommt auch zum Ausdruck, daß die gegenwärtig vorliegenden Datenblattangaben nicht immer für eine optimale Auslegung von Steuergenerator und Schutzelementen ausreichen. Im Ergebnis der Arbeit wird ein industrieller siedebadgekühlter GTO-Modul vorgestellt. Von einer weiteren GTO-Anwendung berichten *Niehage/Putz* mit der Realisierung eines 3-kV/800-A-Gleichstrom-Bremsstellers für das Transrapid-Projekt. Ein Überblick über PWM-Stromzwischenkreis-Umrichter mit GTO wird von *Weschta* gegeben.

Die Einsatzfälle Maschinenstromrichter und Netzstromrichter werden dabei getrennt behandelt und zwei entsprechende Versuchsmuster vorgestellt. Ein abschließender Vergleich mit dem Spannungszwischenkreis-Umrichter mißt beiden Schaltungstypen mit GTO Einsatzberechtigungen zu, über die anhand der jeweiligen Anforderungen zu entscheiden ist. Über GTO-Stromrichter mit Spannungszwischenkreis, die zunehmend in serienmäßigen Triebfahrzeugen zwangskommutierte Thyristor-Umrichter ablösen, wird von *Steimel* berichtet. Ein Kompensations-Stromrichter mit GTO wird von *Gretsch/Dinkel* vorgestellt. Die Schaltung kompensiert mit einer Ausregelzeit von 1 bis 2 ms: Grundschwingungs-Blindleistung, Unsymmetrien, Flikker sowie Oberschwingungen bis zur 15. Ordnung. Eine generelle Betrachtung zum Einfluß von GTO auf Schaltungstechnik und Eigenschaften leistungselektronischer Lösungen im oberen Leistungsbereich wird von *Stemmler* angestellt.

Eine Übersicht zu MOS-Leistungsschaltern wird von *Tihanyi* gegeben. Berichtet wird u.a. von den Weiterentwicklungen des MOSFET mit schneller Inversdiode (FREDFET), mit Kurzschlußschutz (TEMPFET) und mit integrierter Strommessung (SENSEFET). Die hauptsächlichen Einsatzfälle (kleine Leistungen, hohe Frequenzen) bleiben weiterhin auf Bauelemente mit Sperrspannungen von maximal 500 V beschränkt. Für höhere Spannungen und Leistungen bei Frequenzen bis zu 20 kHz werden die Perspektiven von IGBT angesprochen. Eine interessante MOSFET-Anwendung für einen drehzahlgeregelten 600-W-Waschmaschinenantrieb mit Asynchronmotor wird von *Gabriel* vorgestellt. Im Leistungsteil des Umrichters (Schaltfrequenz 16 kHz) wurden 6 MOSFET in einer Dickschicht-Hybridschaltung zusammengefaßt. Die gesamte Steuerelektronik ist auf einem Chip (Standard-Bipolartechnologie) untergebracht; auch für die Treiberschaltung wurde ein spezieller Schaltkreis entwickelt. Aus der Sicht dieses Anwenders ist die Zuverlässigkeit der Leistungs-MOSFET

gegenwärtig noch nicht zufriedenstellend. Spezielle Untersuchungen und Schaltungsmaßnahmen wurden hierzu durchgeführt. Die perspektivischen Erwartungen richten sich auch hier auf IGBT. Experimentelle Untersuchungen von IGBT wurden von *Heumann* vorgenommen. Arbeiten über Geräteentwicklungen mit diesem neuen Bauelement liegen im Rahmen des vorliegenden Bandes noch nicht vor.

Fragen intelligenter Leistungsschalter (sog. Smartpower-Bauelemente) wurden von *Leipold* in einem Überblick zu Einsatzmöglichkeiten in der Automobilelektronik angesprochen.

Mit dem feldgesteuerten Thyristor (field controlled thyristor — FCTh oder static induction thyristor — SITh) wird an einem Bauelement gearbeitet, das die Vorteile des GTO (beidseitige Ladungsträgerinjektion) und des IGBT (geringer Ansteuer- und Beschaltungsaufwand) zu vereinen verspricht. Die Arbeit von *Grüning* berichtet von ersten in spezieller Technologie realisierten Strukturen sowie Meßergebnissen. Das Entwicklungsziel ist ein abschaltbares Bauelement höherer Leistung, das die theoretischen Möglichkeiten des Silizium weitgehend ausschöpft, ohne Beschaltung betrieben werden kann und deshalb in bestimmten Bereichen an die Stelle des GTO treten könnte.

Bei aktiven Bauelementen mit potentiell hoher Schaltfrequenz werden die integrierten oder diskret eingesetzten Dioden häufig zu den eigentlichen frequenz- oder leistungsbegrenzenden Elementen. Hieraus erwachsen Impulse zur weiteren Verbesserung schneller Leistungsdioden. In einer interessanten Arbeit von *Schlangenotto/Füllmann/Nowak* wird auf diese Fragen näher eingegangen.

Zur Verringerung von Streuinduktivitäten und der hierdurch beim Schalten an den Bauelementen auftretenden Überspannungen und parasitären Schwingungen ist ein äußerst kompakter Aufbau unerläßlich, wie in einer Reihe von Arbeiten zur Geräteentwicklung hervorgehoben wird. Bei kleinen und mittleren Leistungen werden deshalb zur Verschaltung Mehrlagen-Leiterplatten eingesetzt. Diese Erfordernisse werden auch bei der Gestaltung der Module berücksichtigt, wie von *Hempel/Lorenz* in einem Überblick zur Kapselung von Halbleiter-Leistungsbauelementen veranschaulicht wird.

Insgesamt bietet der Band hinsichtlich der Themenauswahl wie auch der Art der Darstellung eine gelungene „Momentaufnahme" des noch in rascher Fortentwicklung befindlichen Gebietes.

F. Fischer, Dresden EK 4098

Bestückautomaten

Von *R.-D. Schraft; E. Wolf; Th. Leicht.* Heidelberg: Hüthig Buch Verlag 1989. 241 Seiten

Das Buch besteht aus einem einführenden Teil, einem Katalogteil und dem Anhang.

Der erste Teil umfaßt nur wenig mehr als 10 % des Buchumfanges. Er gibt für Durchsteck- und für Oberflächenmontage eine Übersicht über Bauelementebauformen und die automatengerechte Bereitstellung der Bauelemente. Es werden Bemerkungen zur Leiterplatte, zur Planung von Bestückbereichen und zum Materialfluß gemacht. Ferner wird der Bestückungsprozeß erläutert. Zum besseren Verständnis werden schematische Darstellungen benutzt, die Fachkreisen bekannt sind.

Den größten Teil des Buches nimmt der Katalogteil ein. Hier werden auf jeweils 2 Seiten in alphabetischer Reihenfolge nach Herstellern 96 Bestückungsautomaten nach einem einheitlichen Schema vorgestellt. Mit einer Ausnahme wird jeder Automat in einer fotografischen Gesamtansicht dargestellt. Neben den Hauptkenndaten, die hier nicht komplett aufgezählt werden können, aber von der Bestückungsrate über das Jahr der Markteinführung bis zum Richtpreis gehen, wird in zwei ebenfalls einheitlichen Tabellen eine Einordnung des betreffenden Automaten unter den Gesichtspunkten „Bestückungsprozeß" und „Flexibilität" vorgenommen. Es werden ausschließlich Bestückungsautomaten behandelt, periphere Aggregate, wie Gurtungseinrichtungen u. a., wurden nicht aufgenommen.

Der Katalogteil wird durch in den Anhang aufgenommene Register nach Hersteller, nach Typ und nach Bestückungsrate ergänzt. Das Literaturverzeichnis ist sehr kurz (1 Seite), da es nur die Quellen der knapp gehaltenen Einführung enthält.

Der Wert des Buches liegt im Katalogteil. Es dürfte wohl kaum einen betrieblichen Experten geben, der über eine so umfassende und systematische Sammlung von Angaben über Bestückungsautomaten verfügt. Daraus resultiert, daß das Buch kaum für die Lehre, sondern vorrangig für die praktische Anwendung in Technologie und Produktionsvorbereitung zugeschnitten ist.

L. Auer, Berlin EK 4097

Bauelemente und Schaltungen der Hochfrequenztechnik, Teil 1

Von *K. Schünemann; A. Hintz.* Heidelberg: Dr. Alfred Hüthig Verlag 1989. 512 Seiten, 197 Abb., 3 Tab., kart., DM 78,—

Das vorliegende Buch behandelt die physikalischen Grundlagen, die Wirkungsweise und die Eigenschaften der Hochfrequenz-Halbleiterbauelemente und ihrer Schaltungen. Berücksichtigung finden dabei zum einen Fortschritt in der Halbleitertechnologie mit einer Verkleinerung der charakteristischen Abmessungen bis in den Submikrometer- und Nanometerbereich sowie der Anwendung von Verbindungshalbleitern (III-V-Verbindungshalbleiter, Galliumarsenid und Indiumphosphid), die Schaltzeiten im Subnanosekundenbereich und Schwingfrequenzen von Transistoren im Bereich der Millimeterwellen ermöglichen. Berücksichtigt werden aber andererseits auch Probleme und Fortschritte planarer Schaltungstechnologien, die zusammen mit den Fortschritten der Halbleitertechnologie die Entwicklung monolithisch integrierter Schaltkreise bis zu Frequenzen von 100 GHz realisierbar machen. Bestimmend für Einsatzgrenzen in bezug auf Frequenz und Leistung ist dabei das Wechselspiel zwischen Bauelement und Schaltung, insbesondere der Übergang zwischen äußerer Schaltung und dem Halbleiterkristall. Aufbau und Zielstellung des vorliegenden Buches resultieren aus diesem Sachverhalt.

Das erste Kapitel behandelt Probleme des Ladungsträgertransports im Halbleiterkristall. Schwerpunkt sind dabei die mikrophysikalischen Grundlagen für das Verständnis und die Beschreibung des Ladungsträgertransports.

Das zweite Kapitel ist der Darstellung und Berechnung von HF-Netzwerken gewidmet. Die bei höheren Frequenzen übliche und notwendige wellenmäßige Betrachtung und Darstellung mit Streuparametern (*s*-Parametern) wird erläutert. Stabilitätskriterien werden insbesondere auch für die hochfrequenztypischen Fälle, daß kein Ersatzschaltbild aus konzentrierten Elementen angegeben werden kann, bzw. kein Rückkopplungs-Zweig oder -Netzwerk abgetrennt werden kann, behandelt.

Ein kurzer Abschnitt befaßt sich mit der Berechnung linearer Schaltungen, die Rauschquellen enthalten. Das zweite Kapitel schließt mit der Berechnung nichtlinearer Schaltungen ab (Taylor-Reihe, Fourier-Reihe, Quasi-Linearisierung, harmonische Balance, parametrische Rechnung, periodisch ausgesteuerte nichtlineare Schaltungen, Stabilitätskriterien, Leistungsverteilungssätze). Aufbauend auf dem in den ersten beiden Kapiteln vermittelten Verständnis des Klemmenverhaltens der Bauelemente behandelt das dritte Kapitel Schaltungstechnologien für höhere Frequenzbereiche. Den Schwerpunkt bilden dabei Schaltungen in Hohlleiter- und Planartechnik. Auf Schaltungstechnologien mit konzentrierten Elementen wird nur sehr kurz eingegangen. Die in den letzten Jahren in den Bereich der Anwendung gerückte Sperrbereichs-Hohlleitertechnik wird behandelt.

Das 4. Kapitel behandelt die wichtigsten Halbleiterbauelemente und ihre Anwendungen (Schaltungen). Auf der Grundlage des physikalischen Verhaltens werden die Grenzen des Einsatzes bestimmt, wobei Frequenzverhalten und Leistungsgrenze im Vordergrund stehen. Aus dem Verhalten der Bauelemente wird ihre Eignung für bestimmte Anwendungen hergeleitet.

Im vorliegenden Band 1 werden die zweipoligen Bauelemente pn-Diode und pin-Diode und ihre Anwendungen behandelt (pn-Diode: Varaktor, parametrische Verstärker, Mischer, Vervielfacher, Frequenzteiler; pin-Diode: Abschwächer und Begrenzer, Schalter und digitale Phasenschieber). Das Buch schließt mit einem bewußt knapp gehaltenen Literaturverzeichnis und einer kleinen Zusammenstellung von Aufgaben und Lösungen.

Das vorliegende Buch ist eine gelungene Synthese der Darstellung von Bauelemente-Physik und Hochfrequenzschaltungstechnik. Mit bemerkenswerter Tiefgründigkeit werden mikrophysikalische Grundlagen und Zusammenhänge aufbereitet und systematisch dargestellt. Eine der Stärken des Buches liegt zweifellos in diesem Teil. Außerordentlich wertvoll ist auch die Herangehensweise, auf der Grundlage des physikalischen Verhaltens die Grenzen des Einsatzes sowie die Eignung für bestimmte Hochfrequenz-Anwendungen herzuleiten.

Das aus Studienmaterial entstandene Buch wendet sich an Studierende der Hochfrequenztechnik, Elektronik und Elektrophysik. Es kann aber auch dem praktisch tätigen Ingenieur zur Einarbeitung und als Handbuch empfohlen werden.

E. Michler, Dresden EK 4101

Einführung in die digitale Signalverarbeitung

Von *H. Wupper*, Heidelberg: Dr. Alfred Hüthig Verlag 1989. 332 S., 98 Abb.

Begünstigt durch die imponierende Entwicklung der Mikroelektronik findet die digitale Signalverarbeitung, d.h. die gezielte Einwirkung auf Signale im umfassenden Sinne mit Hilfe von Mikro-Computern, in zunehmenden Maße Anwendung in den verschiedensten Bereichen, insbesondere aber in der Informationstechnik, in der Informatik und in der Konsumelektronik; und es ist eine Tatsache, daß traditionelle Gebiete der analogen Signalverarbeitung, z.B. die Filterung, durch die digitale Signalverarbeitung immer stärker verdrängt werden. In gleicher Weise entstehen neue Anwendungsgebiete, die überhaupt erst durch die digitale Signalverarbeitung erschlossen werden können, wie die Ergebnisse der redundanzreduzierten Bildübertragung in Realzeit eindrucksvoll beweisen.

Das vorliegende Buch soll eine Einführung sein und es konzentriert sich auf die eindimensionale Signalverarbeitung.

Es ist in 6 Hauptabschnitte und zwei Anlagen gegliedert. Der erste Hauptabschnitt behandelt analoge Signale und Systeme und setzt damit einen wohldefinierten Ausgangspunkt. Der zweite Hauptabschnitt bringt die Grundlagen zur Beschreibung zeitdiskreter Signale und Systeme mit den Unterabschnitten Delta-Funktion und -Stoßfolge, Z-Transformation, diskrete Fouriertransformation (DFT) und Differenzengleichungen. Bemerkenswert ist hier die in den DFT-Transformationsgleichungen hergestellte Äquivalenz mit der Fourierreihe, d.h., der Faktor $1/N$ steht bei $F(u)$ mit u = Zählzahl im Frequenzbereich.

In den Hauptabschnitten 3 und 4 werden auf etwa 100 Seiten Digitalfilter-Strukturen und Filterapproximation behandelt. Diese Darstellung läßt die fundierten Kenntnisse des Autors im Entwurf digitaler Filter erkennen und sie ist von großem praktischen Wert. Behandelt werden rekursive und nichtrekursive Wellendigitalfilter sowie Lattice-Strukturen mit sehr gut ausgewählten und dargestellten Beispielen.

Die Spektralanalyse von Signalen mit Hilfe der DFT wird nicht behandelt.

Im Hauptabschnitt 5 wird die schnelle Fouriertransformation abgehandelt, allerdings ohne Angabe von Rechenroutinen. Sehr begrüßenswert sind die im Hauptabschnitt 6 dargelegten numerischen Probleme, d.h. die in der Zahlendarstellung für den Computer immer auftretenden Genauigkeitsprobleme durch Schneiden und Runden. Die Prinzipien werden am Beispiel der Analog-Digitalwandlung anschaulich gemacht.

Anhang A behandelt die Dimensionierung analoger Filter (Butterworth-, Čebušer- und Elliptische Filter) und Anhang B das Gibbssche Phänomen. Das Buch wendet sich an Ingenieure, Physiker, Informatiker und Mathematiker und es ist dem Autor gelungen, durch die Stoffauswahl wesentliche Bedürfnisse der Praxis zu berücksichtigen.

Es ist für Studenten mit abgeschlossener Grundlagenausbildung ebenfalls zu empfehlen.

D. Lochmann, Berlin EK 4080

DOS 4.0 Power User's Guide

Von *B. Rupp*. Heidelberg: Dr. Alfred Hüthig Verlag 1989. 225 Seiten, 8 Abb., 28 Tab.

Als der Computergigant IBM 1981 ein als „Personal Computer" bezeichnetes Mikrorechnersystem auf den Markt brachte, steuerte die Firma Microsoft das Disk Operating System bei. MS-DOS bzw. PC-DOS erlangten als Standardbetriebssysteme für Rechner auf der Basis der Prozessorfamilie iAPx86 weltweite Verbreitung, wofür 14 Millionen DOS-Installationen und weit über 20000 Anwenderprogramme als Beleg gelten mögen. Entworfen als ein Single-User/Single-Task Betriebssystem für den 16-bit-Prozessor 8086 (8088), glänzte DOS weder mit herausragenden Leistungsmerkmalen, noch besaß es eine sonderlich komfortable Benutzeroberfläche. Hauptvorteil gegenüber CP/M, dem Betriebssystem der 8-bit-Rechnergeneration, war die Überwindung der 64-KByte-Grenze. Jetzt konnten Programme mit einem Arbeitsspeicher von maximal 640 KByte rechnen, ein Wert, der für längere Zeit allen Anforderungen gewachsen schien. Heute ist es aber gerade diese Beschränkung, die sich, zusammen mit der Unfähigkeit zum Multitasking, als ein arges Hemmnis bei der Anpassung von DOS an die rapide gestiegenen Fähigkeiten der neuen Prozessoren und den Speicherbedarf moderner Programme darstellt.

Im Verlauf der Weiterentwicklung von DOS entstanden Versionen (2.xx), die den Betrieb von Festplatten ermöglichten und durch Einführung UNIX-artiger hierarchischer Dateistrukturen die Verwaltung sehr vieler Dateien erleichterten. Die derzeit noch verbreitetste Versionsgruppe 3.xx trug partiell der gewachsenen Leistungsfähigkeit der AT-(Advanced Technology-) Klasse Rechnung. Heute steht mit DOS 4.0 die vorläufig neueste Version zur Verfügung. Sie ist weiterhin nicht multitaskingfähig, und die 640-KByte-Grenze ist gleichfalls nicht überwunden. Dagegen sind jetzt Festplatten-Partitions größer 32 MByte möglich, und mit DOSSHELL ist eine auch mit der Maus bedienbare grafische Benutzeroberfläche vorhanden. Gemessen am „state of art", ist sie jedoch eher kärglich ausgefallen. Dafür belegt DOS 4.0, abhängig von der gewählten Konfiguration, resident einen größeren Bereich im Arbeitsspeicher. Das vorliegende Buch wendet sich nicht nur an die Nutzer von DOS 4.0, sondern es bietet auch Hilfe bei der Entscheidung, welche Version von DOS im konkreten Fall zu installieren sinnvoll ist. Dieses Buch soll kein herkömmliches Lehrbuch sein, und es kann kein Referenzhandbuch ersetzen. Der Autor bezeichnet es als „Arbeitsbuch". Die Spannweite der Informationen ist sehr groß, möglicherweise zu groß. So findet zum Beispiel der Leser im Abschnitt „Inside DOS", Kapitel 12 (Plattenstruktur und Filemanagement) die trivialen Informationen, daß 5.25″-Disketten biegsam sind, oder daß beim probeweisen Zerlegen einer 3.5″-Diskette mit dem Schraubenzieher Verletzungsgefahr besteht. Darauf folgt Wesentliches. Nach einer Auflistung aller gängigen Disketten- und Festplattenformate, wird der Aufbau des Boot-Records und der File-Allocation-Table (FAT) erläutert und schließlich über die neuen DOS-Interrupts 25/26H informiert, die den Zugriff auf Sektoren großer Festplatten-Partitions mit 32-bit-Nummern realisieren. (Der Hinweis, daß die hochwertigen 5.25″-HD- (High-Density-) Disketten nicht 360K formatierbar sind, fehlt jedoch.) In der Spannweite der Darstellungen dieses locker und gut lesbar geschriebenen Buches liegen nach meiner Meinung sowohl die Stärken als auch die Schwächen.

Nach einer Übersicht über die wichtigsten Neuerungen der Version 4.0 folgt eine Schilderung der Bestandteile und des Aufbaus von DOS. Im folgenden Kapitel wird die Arbeit mit dem Installations-Programm beschrieben und Hilfestellung bei der Einrichtung der Version 4.0 auf dem Rechner gegeben, wobei neben CONFIG.SYS und AUTODEXEC.BAT auch auf diesbezügliche Optionen der DOS-Shell eingegangen wird. Der Abschnitt „Fortgeschrittene DOS-Anwendungen" enthält neben DOS-typischem Standardwissen Hinweise auf die erweiterte Bildschirm- und Tastaturkontrolle mit ANSI-Sequenzen und die Gestaltung des DOS-Environments. Der Abschnitt „Inside DOS" enthält neben dem oben erwähnten Kapitel 12 noch eine Einführung in die Welt der BIOS- und DOS-Routinen. Der Leser lernt den Aufruf dieser Systemroutinen aus Hochsprachen (C, PASCAL, FORTRAN 77) heraus kennen. Obwohl es hierzu, wie übrigens zu den meisten anderen Abschnitten auch, ausführliche und gut verständliche Programmbeispiele gibt, kann dieses Kapitel nur einen kleinen Einblick in die Software-Techniken der systemnahen Programmierung geben. Der 31seitige Anhang bietet eine Sammlung nützlicher Informationen, unter anderem die Startup- und Kommandoparameter der DOS-Shell. Alle im Text verwendeten Quellprogramme und deren Kompilate finden sich auf einer beiliegenden 5.25″-Diskette.

Das Buch ist dem bereits fortgeschrittenen, ambitionierten DOS-Anwender als eine Ergänzung der Handbücher zu empfehlen.

H.-P. Seitz, Berlin EK 4096

Berichtigung

In ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 11, S. 407 ist die Bildunterschrift von Bild 9 zu ersetzen:

Bild 9. 4-Quadrantensteller [5] (500 kW) mit Wechselrichterbelastung

Geregelte Übertragungsverhalten

a) Einschaltvorgang ($u_d \approx 65$ V, 1 cm ≙ 100 ms)

b) Leerlauf ($u_d \approx 71$ V, Zeitmaß wie a)

c) Wechselrichterlast mit Motorspeisung ($u_d \approx 70$ V, Zeitmaß wie a)

d) Wechselrichterlast mit Generatoreinspeisung (Bremsbetrieb: $u_d \approx 57$ V, Zeitmaß wie a)

e) Netzgrößen, Wechselrichter mit Motorlast

f) Netzgrößen, Bremsbetrieb (Rückspeisung in das Netz)

Documentation

Melzer, F.; Maier, P.

Inverter Feeded Three-Phase Drive in Porcelain Burning

ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 2, pp. 44–45, 4 Figs., 3 Refs.

By example of modernizing an auxiliary process in manufacturing porcelain it is pointed out, how by using the inverter feeded three-phase drives of the VEB Kombinat Elektromaschinenbau with automating predetermined manufacturing processes the energy consumption of the same may be reduced. It is reported on controlling the pressure within a porcelain burning oven.

Morgenstern, G.

100 Years Developing Outdoor Transmission Line Insulators in the Kombinat VEB Keramische Werke of Hermsdorf

ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 2, pp. 46–51, 11 Figs., 3 Refs.

Since 1890 the porcelain factory of Hermsdorf, Thüringen, founded at that time, is engaged in manufacturing insulators for industrial uses. By using record office materials of different institutions it is reported on the developing history of manufacturing outdoor transmission line insulators, beginning at the first electric energy transmission of 1891 and lasting up to now.

Berndt, H.; Bär, G.

The Electron Beam Micro-Analysis (ESMA) in Reaming Out Tests at functional Noble Metal Layers

ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 2, pp. 52–54, 3 Figs., 1 Table, 23 Refs.

Starting from the possibilities and limits of conventional methods of detecting reaming out at functional noble metal layers technical and methodical aspects of using the ESMA for sounding ream pathes are discussed and prerequisites for routine multi-numbered investigations are derived.

Herold, G.

Computing the Stationary Current-Voltage-Behaviours in Three-Phase Plants with Induction Crucible Furnaces

ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 2, pp. 55–58, 4 Figs., 3 Tables, 36 Equations, 3 Refs.

Computing the stationary current-voltage-behaviours in three-phase plants with network frequency induction crucible furnaces by means of space vectors and symmetric components is represented. In an application example the most important operating parameters including the power characteristic values and the short-circuit alternating currents are given for different operating cases.

Schade, M.

A New Method of Non-Contacting Diameter Determination of Thin Wires

ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 2, pp. 58–59, 1 Fig., 1 Table, 3 Equations, 3 Refs.

An optoelectronic measuring method of non-contacting continuous and high-precise diameter determination of finest wires with the diameter region of 10 to 500 µm is described. Evaluating the diffraction image, occuring at the measuring object, by using the fast Fourier's Transformation makes possible a measurement of highest precision.

Beckert, U.; Neuber, W.

A New Measuring Method to the Slippage of Asynchronous Motors

ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 2, pp. 59–61, 3 Figs., 11 Equations, 6 Refs.

A new measuring method to the slippage of asynchronous motors, especially, is represented, basing upon the digital modulation of the duty ratio of a square-sided pulse sequence. It is characterized by a relatively low device-technical expenditure and a simplest speed transmitter as well as by the fact, that the reachable total precision is determined primarily through the analogue display instrument.

Документация

Мельцер, Ф.; Майер, П.

Привод на трехфазном токе с питанием от вентильного преобразователя для обжига фарфора

ELEKTRIE, Берлин 44 (1990) 2, стр. 44–46, 4 рис., 3 лит.

На примере модернизации одного из вспомогательных процессов при изготовлении фарфора демонстрируется, каким образом, благодаря применению приводов на трехфазном токе с питанием от вентильного преобразователя произвоздства нп Комбината Электромашиненбау, в ходе автоматизации определенных производственных процессов обеспечивается снижение их энергопотребления. В статы рассматривается вопрос регулирования давления внутри обжигательной печи.

Моргенштерн, Г.

100 лет разработка изоляторов для воздушных линий в Комбинате нп Керамише Верке Хермсдорф

ELEKTRIE, Берлин 44 (1990) 2, стр. 46–51, 11 рис., 3 лит.

Начиная с 1890 года, основанная в том же году фарфорная фабрика в г. Хермсдорф, Тюрингия, занимается производством изоляторов для нужд электротехники.
С использованием архивных материалов разных организаций описывается история развития производства изоляторов для воздушных линий, начиная с первой электрической энергопередачи в 1891 году вплоть до сегодняшнего дня.

Берндт, Х.; Бэр, Г.

Электронолучевой микроанализ в целях испытания на истирание функциональных покрытий из благородных металлов

ELEKTRIE, Берлин 44 (1990) 2, стр. 52–54, 3 рис., 1 табл., 23 лит.

Исходя из возможностей и пределов традиционных методов определения истирания на функциональных покрытиях из благородных металлов обсуждаются технические и методические аспекты применения электролучевого микроанализа в целях зондирования следов трения и выводятся условия проведения рутинных массовых испытаний.

Херольд, Г.

Расчет стационарных вольтамперных характеристик установок на трехфазном токе с индукционными тигельными печами

ELEKTRIE, Берлин 44 (1990) 2, стр. 55–58, 4 рис., 3 табл., 36 уравн., 3 лит.

Представляется расчет стационарных вольтамперных характеристик в установках на трехфазном токе с индукционными тигельными печами на сетевой частоте при помощи пространственных указателей и симметричных компонентов. Рассматривается пример примемения, даются важнейшие рабочие параметры, включая показателей мощности и переменных токов короткого замыкания для различных рабочих режимов.

Шаде, М.

Новый метод бесконтактного определения диаметра тонких проволок

ELEKTRIE, Берлин 44 (1990) 2, стр. 58–59, 1 рис., 1 табл., 3 уравн., 3 лит.

Представляется оптоэлектронный способ высокоточного непрерывного бесконтактного определения диаметра тончайших проволок в диапазоне диаметрое от 10 до 500 мкм. Анализ дифракционной картины, создаваемой на измеряемом объекте с использованием постоянного преобразования фурье обеспечивает проведение измерения с наивысшей точностью.

Беккерт, У.; Нойберт, В.

Новый способ измерения скольжения асинхронных двигателей

ELEKTRIE, Берлин 44 (1990) 2, стр. 59–61, 3 рис., 11 уравн., 6 лит.

Представляется новый способ измерения скольжения базирующий на цифровой модуляции коэффициента заполнения последовательности прямоугольных импульсов и предназначенный специально для асинхронных двигателей. Несмотря на требуемые сравнительно небольшие аппаратные средства и простейший датчик скорости вращения он отличается тем, что достигаемая суммарная точность определяется в первую очередь аналоговым индикаторным инструментом.

Dokumentation

Melzer, F.; Maier, P.

Umrichtergespeister Drehstromantrieb beim Porzellanbrand

ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 2, S. 44 – 45, 4 Bilder, 3 Lit.

Am Beispiel der Modernisierung eines Hilfsprozesses bei der Porzellanherstellung wird gezeigt, wie durch Einsatz der umrichtergespeisten Drehstromantriebe des VEB Kombinat Elektromaschinenbau mit der Automatisierung bestimmter Produktionsprozesse deren Energieverbrauch gesenkt werden kann. Berichtet wird über die Regelung des Druckes in einem Porzellanbrennofen.

Morgenstern, G.

100 Jahre Freileitungsisolatoren-Entwicklung im Kombinat VEB Keramische Werke Hermsdorf

ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 2, S. 46 – 51, 11 Bilder, 3 Lit.

Seit dem Jahr 1890 befaßt sich die damals neu gegründete Porzellanfabrik in Hermsdorf, Thüringen, mit der Herstellung von Isolatoren für elektrotechnische Zwecke. Unter Verwendung von Archivmaterial verschiedener Institutionen wird über die Entwicklungsgeschichte der Freileitungsisolatorenfertigung seit der ersten elektrischen Energieübertragung im Jahre 1891 bis zur Gegenwart berichtet.

Berndt, H.; Bär, G.

Die Elektronenstrahlmikroanalyse (ESMA) bei Durchriebprüfungen an funktionellen Edelmetallschichten

ELEKTRIE, Berlin 44 (1990), S. 52 – 54, 3 Bilder, 1 Tafel, 23 Lit.

Ausgehend von den Möglichkeiten und Grenzen konventioneller Methoden zur Durchrieberkennung an funktionellen Edelmetallschichten werden technische und methodische Aspekte des Einsatzes der ESMA für Reibspursondierung diskutiert und Voraussetzungen für routinemäßige Vielzahluntersuchungen abgeleitet.

Herold, G.

Berechnung der stationären Strom-Spannungs-Verhältnisse in Drehstromanlagen mit Induktions-Tiegelöfen

ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 2, S. 55 – 58, 4 Bilder, 3 Tafeln, 36 Gln., 3 Lit.

Die Berechnung der stationären Strom-Spannungs-Verhältnisse in Drehstromanlagen mit Netzfrequenz-Induktions-Tiegelöfen mit Hilfe von Raumzeigern und symmetrischen Komponenten wird vorgestellt. In einem Anwendungsbeispiel werden die wichtigsten Betriebsparameter einschließlich der Leistungskenngrößen und die Kurzschlußwechselströme für verschiedene Betriebsfälle angegeben.

Schade, M.

Eine neue Methode zur berührungslosen Durchmesserbestimmung dünner Drähte

ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 2, S. 58 – 59, 1 Bild, 1 Tafel, 3 Gln., 3 Lit.

Optoelektronisches Meßverfahren zur berührungslosen kontinuierlichen und hochpräzisen Durchmesserbestimmung von Feinstdrähten im Durchmesserbereich von 10 bis 500 µm. Die Auswertung des am Meßobjekt entstehenden Beugungsbildes unter Nutzung der Fast Fourier Transformation ermöglicht eine Messung höchster Präzision.

Beckert, U.; Neuber, W.

Neues Meßverfahren für den Schlupf von Asynchronmotoren

ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 2, S. 59 – 61, 3 Bilder, 11 Gln., 6 Lit.

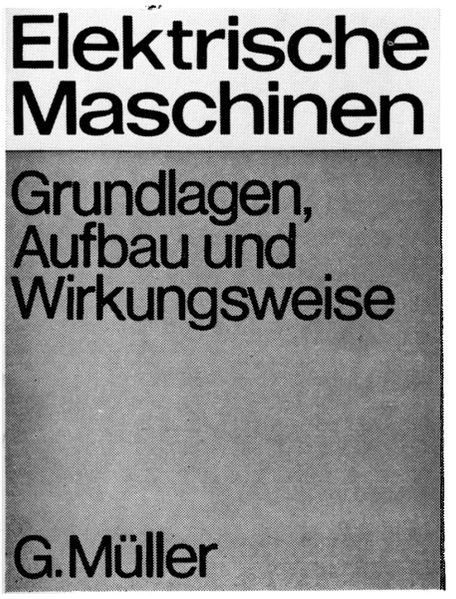
Vorgestellt wird ein neues auf der digitalen Modulation des Tastverhältnisses einer Rechteckimpulsfolge basierendes Schlupfmeßverfahren speziell für Asynchron motoren. Es zeichnet sich bei relativ niedrigem gerätetechnischem Aufwand und einfachstem Drehzahlgeber dadurch aus, daß die erreichbare Gesamtgenauigkeit weitgehend durch das analoge Anzeigeinstrument bestimmt wird.

ELEKTRIE

Herausgeber	Kammer der Technik, Fachverband Elektrotechnik
Verlag	VEB Verlag Technik DDR-1020 Berlin, Oranienburger Str. 13/14 Telegrammadresse: Technikverlag Berlin Telefon: 28700; Telex: 0112228 techn. dd
Verlagsdirektor	Dipl.-Ing. *Klaus Hieronimus*
Redaktion	Dr.-Ing. *Klaus Heide*, Verantwortlicher Redakteur (Telefon: 2870345)
Lizenz-Nr.	1100 des Presse- und Informationsdienstes der Regierung der DDR
Gesamtherstellung	III/18-328 Messedruck Leipzig, BT Borsdorf 7122 Borsdorf
Gestaltung	Ursula Maria Lange
Anzeigenannahme	Für Bevölkerungsanzeigen alle Anzeigen-Annahmenstellen in der DDR, für DDR-Wirtschaftsanzeigen (Anzeigenpreisliste Nr. 8) sowie für Auslandsanzeigen (Mediadaten auf Aufforderung) VEB Verlag Technik, Oranienburger Str. 13/14, PSF 201, Berlin, 1020.
Erfüllungsort und Gerichtsstand	Berlin-Mitte. Der Verlag behält sich alle Rechte an den von ihm veröffentlichten Aufsätzen und Abbildungen, auch das der Übersetzung in fremde Sprachen, vor. Auszüge, Referate und Besprechungen sind nur mit voller Quellenangabe zulässig.
AN (EDV)	6730
Erscheinungsweise	monatlich 1 Heft
Heftpreis	2,50 M, Abonnementpreis vierteljährlich 7,50 M. Auslandspreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebes BUCHEXPORT zu entnehmen.
Bezugsmöglichkeiten DDR	sämtliche Postämter
SVR Albanien	Direktorije Quendrore e Perhapjes dhe Propaganditit te Librit Rruga Konference e Pezes, Tirana
VR Bulgarien	Direkzia R. E. P., 11a, Rue Paris, Sofia
VR China	China National Publications Import and Export Corporation, West Europe Department, P. O. Box 88 Beijing
ČSSR	PNS – Ústřédni Expedicia a Dovoz Tisku Praha, Slezská 11, 120000 Praha 2 PNS, Ústredna Expedicia a Dovoz Tlače Praha, Posta 022, 88547 Bratislava
SFR Jugoslawien	Jugoslovenska Knijiga, Terazije 27, Beograd; Izdavačko Knjižarsko Produzéće MLADOST, Ilica 30, Zagreb
Koreanische DVR	CHULPANMUL Korea Publications Export & Import Corporation, Pyongyang
Republik Kuba	Empresa de Comercio, Exterior de Publicationes, O'Reilly No. 407, Cuidad Habana
Republik Polen	C.K.P.i.W. Ruch, Towarowa 28, 00-958 Warszawa
Rumänien	D.E.P. Bucaresti Piata Scinteii, Bucaresti
UdSSR	Städtische Abteilungen von Sojuzpečat' oder Postämter und Postkontore
Republik Ungarn	P.K.H.I., Külföldi Elöfizetési Osztály, P.O. Box 16, 1426 Budapest
SR Vietnam	XUNHASABA 32, Hai Ba Trung, Ha Noi
BRD und Berlin (West)	ESKABE Kommissions-Grossobuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.; Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141 – 167, Berlin (West) 52; Kunst und Wissen Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1; Gebrüder Petermann, BUCH+ZEITUNG INTERNATIONAL, Kurfürstenstraße 111, Berlin (West) 30
Österreich	Helios Literatur-Vertriebs-GmbH & Co. KG, Industriestraße B 13, Brunn am Gebirge
Schweiz	Verlagsauslieferung Wissenschaft der Freihofer AG, Weinbergstr. 109, 8033 Zürich
Alle anderen Länder	örtlicher Fachbuchhandel; BUCHEXPORT Volkseigener Außenhandelsbetrieb der Deutschen Demokratischen Republik, DDR-7010 Leipzig, Postfach 160; und Leipzig Book Service, DDR-7010 Leipzig, Talstraße 29

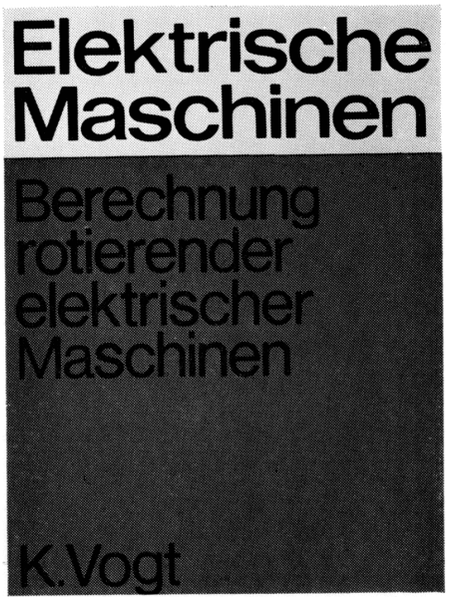
ELEKTRISCHE MASCHINEN

Hochschullehrwerk · Auch für die Weiterbildung von großem Wert



Von Prof. Dr.-Ing. habil. Germar Müller. 7., bearbeitete Auflage. 524 Seiten, 531 Bilder, 34 Tafeln, 2 Beilagen, Leinen, 40,— M; 56,— DM. Bereits lieferbar. Bestellangaben: 5538955/Müller, Grundlagen

Vermittelt werden Grundkenntnisse, die zum tieferen Eindringen in das Fachgebiet notwendig sind. Es wird der grundsätzliche Aufbau der Maschinen (ruhende und rotierende) beschrieben, ihre Wirkungsweise sowie das Betriebsverhalten angegeben und auf konstruktive Besonderheiten eingegangen. Für die 7. Auflage wurde der Hauptabschnitt C (Gleichstrommaschine) neu gefaßt, speziell im Hinblick auf drehzahlvariable Antriebe.



Von Prof. Dr. sc. techn. Karl Vogt, 4., bearbeitete Auflage. 506 Seiten, 342 Bilder, 50 Tafeln, Kunstleder, 36,— M; 50,— DM. Bereits lieferbar. Bestellangaben: 5538875/Vogt, Berechnung

Es werden alle zum Entwurf und zur Konstruktion elektrischer Maschinen notwendigen Berechnungsformalismen angegeben und an Beispielen erläutert. Grundsätzlich wird von den Berechnungselementen ausgegangen und damit zunächst vom speziellen Erzeugnis abstrahiert, weshalb die aufbereiteten Berechnungsalgorithmen vielfältig anwendbar sind. Die Bearbeitung berücksichtigt moderne Verfahren zur numerischen Feldberechnung sowie zur Berechnung dauermagnetisch erregter Magnetkreise. Ein Abschnitt über Zeitkonstanten der Gleichstrommaschine wurde aufgenommen.

Von Prof. Dr.-Ing. habil. Germar Müller. 2., durchgesehene Auflage. 548 Seiten, 325 Bilder, 24 Tafeln, Leinen, 41,— M; 58,— DM. Erscheint in diesen Tagen. Bestellangaben: 5542399/Müller, Betriebsverhalten

Ausgehend von den Gleichungen des elektromagnetischen Feldes werden Prinzipien zur analytischen Behandlung rotierender elektrischer Maschinen entwickelt, daraus für die Hauptgruppen der Maschinenarten allgemeine Gleichungssysteme zur Behandlung stationärer und nichtstationärer Betriebszustände abgeleitet. Besonders eingegangen wird auf das Zusammenwirken der elektrischen Maschinen mit leistungselektronischen Stellgliedern. Die allgemeinen analytischen Beschreibungen sind auch für anomale stationäre und nichtstationäre Betriebszustände anwendbar.

Auslieferung
durch den Fachbuchhandel

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

ISSN 0013—5399
ELEKTRIE · Berlin 44 (1990) 2 · S. 41–

6730 2 177 027 465
KOMB KERAM WERKE
8612 7001 0136 PF 1

Taschenbuch Elektrotechnik

Herausgegeben von Prof. Dr. sc. techn. Dr. techn. h.c. Eugen Philippow

Das „Taschenbuch Elektrotechnik" ist das umfangreichste Nachschlagewerk für die gesamte Elektrotechnik und ihre Grenzgebiete. Es enthält grundsätzliche Aussagen in knapper, redundanzarmer Darstellung sowie eine Fülle quantitativer Angaben in Form von Tabellen, Diagrammen und Zeichnungen. Trotz der Beschränkung auf das Wesentliche und Allgemeingültige werden auch neueste Erkenntnisse und Entwicklungen behandelt. Der Stoff ist so dargestellt, daß der Nutzer unmittelbar damit arbeiten kann, ohne noch weitere Unterlagen heranziehen zu müssen. Standards des Auslands und internationaler Organisationen wurden im notwendigen Umfang berücksichtigt.

Band 1: Allgemeine Grundlagen

Theoretische Grundlagen der Elektrotechnik · Mathematik und spezielle Rechenverfahren der Elektrotechnik · Elektrophysik · Maßsysteme · Einheiten · Elektrische Meßtechnik · Werkstoffe der Elektrotechnik
3., stark bearbeitete Auflage. 876 Seiten, 681 Bilder, 203 Tafeln, Kunstleder, 30,— M; 53,— DM.
Bestellangaben: 5534436/Tb., Elektro 1

Band 2: Grundlagen der Informationstechnik

3., stark bearbeitete Auflage. 984 Seiten, 836 Bilder, 161 Tafeln, Kunstleder, 40,— M; 53,— DM.
Bestellangaben: 5536159/Tb. Elektro 2

Band 3: Bauelemente und Baugruppen der Informationstechnik

3., stark bearbeitete Auflage. Zwei Teile. 1184 Seiten, 1525 Bilder, 400 Tafeln, Kunstleder, Teile I/II 44,— M; 64,— DM.
Bestellangaben: 5537135/Tb. Elektro 3

Band 4: Systeme der Informationstechnik

2. Auflage beim Verlag bereits vergriffen.
3., stark bearbeitete Auflage erscheint voraussichtlich im Herbst.

Band 5: Elemente und Baugruppen der Elektroenergietechnik

2. Auflage beim Verlag bereits vergriffen.

Band 6: Systeme der Elektroenergietechnik

Elektrische Energietechnik (Grundlagen der Energiewirtschaft. Anlagen der Elektrizitätserzeugung. Betriebs- und Schutzeinrichtungen. Hochspannungsschaltanlagen. Fortleitung und Verteilung elektrischer Energie. Betriebsprobleme in Elektroenergiesystemen. Berechnung und Optimierung von Elektroenergiesystemen) · Hochspannungsisoliertechnik (Beanspruchung und Isoliervermögen. Elektrischer Durchschlag. Elektrische Isolierungen. Hochspannungsprüf- und -meßtechnik) · Elektrowärme (Indirekte Widerstandserwärmung. Infrarotstrahlungserwärmung. Direkte Widerstandserwärmung. Lichtbogen- und Plasmaerwärmung. Induktionserwärmung. Dielektrische Erwärmung. Elektronenstrahlerwärmung) · Lichttechnik (Lichtfeld und Strahlungsfeld. Physiologische und psychologische Grundlagen der Lichttechnik. Lichterzeugung. Lichtanwendung. Lichtmeßtechnik) · Elektrochemie (Physikalisch-chemische Grundlagen. Technische Anwendung der Elektrochemie).

2. Auflage. 915 Seiten, 785 Bilder, 240 Tafeln, Kunstleder, 30,— M; 53,— DM.
Bestellangaben: 5529290/Tb. Elektro 6

Auslieferung durch den Fachbuchhandel

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN